ISSN 0376-477X

中華農業研究

第五十一卷　　第四期

目　次

以近地面高解析植被光譜及模擬SPOT衛星寬頻光譜估測水稻生長性狀的變化 .... 陳榮坤　楊純明…1
篩選與水稻抗褐飛蝨基因連鎖之分子標誌 .... 黃惠娟　李長沛　陳治官　鄭清煥　謝兆樞　林順福…19
栽培季節對落花生品種間莢果黑斑病之影響 .... 楊金興　曾文隆　謝光照　何千里　蔡志濃　林俊義　曾富生…28
絲瓜新品種台農一號之育成 .... 楊偉正　蕭吉雄　黃秋雄　劉邦基…37
利用葉片圓盤接種法篩選甜瓜抗白粉病品種 .... 黃晉興　王毓華　羅朝村…49
臺灣地區冬季綠肥作物對水稻田根部寄生性線蟲存活之影響 .... 陳殿義　顏志恒　蔡東纂…57
十種藥劑對瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae*)之室內毒效測定 .... 董耀仁　鄭玲蘭　陳健忠…66
溫度估算日射量之可行性評估 .... 姚銘輝　陳述　漆匡時　蔡金川…73

中華民國九十一年十二月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(4):1~18(2002)

以近地面高解析植被光譜及模擬SPOT衛星寬頻光譜估測水稻生長性狀的變化[1]

陳榮坤[2]　楊純明[2,3]

摘要：利用 2000 年一、二期稻作近地面植被高解析光譜(350-2500nm)與生長性狀資料，篩檢與生長有關之植被光譜特徵，並建立光譜特徵模式以估測水稻生長，又比較窄波段與模擬 SPOT 衛星寬波段之植被指數估測生長之差異，以評估利用 SPOT 衛星光譜資料監測水稻生長可行性。由全生育期三維動態植被反射光譜，發現水稻與一般綠色植物的反射光譜曲線類似。由不同生長性狀之全生育期分佈圖，約於抽穗期前後達到最高峰而呈現曲線分佈。以量測光譜之反射比與各生長性狀進行相關強度分析，顯示抽穗前及抽穗後的相關趨勢雷同，但抽穗後相關性較低。由多元直線複迴歸分析的逐步迴歸選取程序，選出 2-3 個波長變數，建立多特徵窄波段組合的關係模式。在檢定的六種植被指數中，抽穗前以 GREEN/NIR 對各性狀的相關性最佳，抽穗後各指數與生長性狀的相關性均較低，以 RED/NIR 的相關性較佳。無論抽穗前或抽穗後，模擬 SPOT 衛星寬波段頻譜的植被指數與各性狀的相關性略低於窄波段光譜植被指數，但預測結果的相似度均高於 98%。

關鍵詞：近地面高解析植被光譜、光譜特徵模式、植被指數、生長、SPOT 衛星。

前　　言

遙測技術係利用非接觸的方法感測物(形)體及其所處狀態，具有非破壞性而快速大面積偵(檢)測的優點，目前已被各產業廣泛採行於日常作業運轉。遙測技術在農業領域亦具有多元應用潛力，以地面植被的監測而言，可進行植被種類、作物相分佈、覆蓋比例、生長狀況及周遭環境等面向之探索與探討，據以進行各種評估和開發規畫。自 1972 年 Landsat 衛星順利發射升空以來，過去三十年遙測技術多以衛星影像或或衛星光譜進行地表的監測，建立植被光學特性與植體性狀間的關係，其中尤以植被指數(VI, vegetation index)的應用最爲普遍(15)。例如以 Landsat 衛星 TM 資料求得的標準差植被指數(NDVI, normalized difference vegetation index)，即被利用在生質量(biomass)、葉面積指數(LAI, leaf area index)、株高及產量等多樣性狀的估測上(22, 23, 19)。

由於多數衛星遙測採用寬波段(broad band)的影像或光譜進行地面監(偵)測，因此這些植被指數使用的資訊均爲寬波段涵蓋之窄波段的平均光譜資料，如 TM 波段 4 構成的影像即爲近紅外光(760-900 nm)光譜之平均反射率(比)所構建的影像。寬頻譜資料的缺點之一，係無法提供一如窄波段光譜的細微頻譜變化，使吾人難以詳細瞭解作物在偵測光譜範圍內眞實狀況，造成監測作物性狀時的許多限制

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2128 號。接受日期：91 年 11 月 22 日。
2. 本所農藝組助理研究員和研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：cmyang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302806。

[8,19]。此外，爲了取得正確的衛星影像及光譜資料，衛星遙測必須對於大氣吸收光譜的影響進行校正，因爲可見光及近紅外光波帶乃大氣吸收及干擾嚴重的光譜波段，而可見光及近紅外光卻是監測地表植被採行的關鍵波段，此亦爲使用衛星遙測資料所必須克服的問題之一。

近年來具備窄波段(narrow band)掃描能力之高頻譜感測器(hyperspectroradiometer)的問世及利用，逐漸受到遙測人士的重視。高頻譜感測器可約略分爲地面可攜式感測器及航空空載(spaceborne and airborne)感測器二類，頻寬約 2-10 nm 之間，可以提供詳細而連續的光譜資料。前者多在近地面使用，後者則分別裝置於各種航空器上。由這些豐富而龐大的高解析光譜資料，可嘗試定義出植被中各種性狀的光譜特徵(spectral signatures or spectral characteristics)，藉以區別不同植被種類或植體生育狀態等。例如水稻光譜特徵 2113.5 nm 窄波段反射比可以顯著識別稻株之不同缺水等級[27]；547 nm 窄波段被發現與玉米葉片中的葉綠素總量有高度相關[16]；紅光臨界(red edge)之 704 nm and 718 nm 是許多作物植體遭受逆境時的良好指標，也可以作爲植體內氮素及葉綠素含量狀態的參考標的[5, 7, 17]等。然而，雖然高頻譜感測器可以提供詳細豐富的光譜資料，如何從繁雜的光譜資訊中簡化、歸納終至篩檢出有用的光譜特徵波段，以精確估測植體生長狀態，則是光譜遙測技術(spectral remote sensing technique)的重要研究內容與方向。

利用高頻譜感測器所提供的光譜資料進行統計分析，文獻上有許多方法，其中以下三種甚爲常見。(1)利用窄波段與性狀間的專一性及敏感度，建立窄波段反射率(比)與性狀間的關係模式，獲得最佳窄波段光譜特徵模式。如前述水稻光譜特徵之 2113.5 nm 反射比，可用以辨識稻株不同缺水等級[27]，兩者呈現曲線關係。(2)採用最佳多元直線迴歸模式(OMLRM, optimal multivariate linear regression model)，或稱最佳多窄波段反射比模式(OMNBR model, optimum multiple narrow band reflectance model)，係組合數個與特定性狀相關性高的窄波段光譜特徵，構建估測特定性狀的最佳線性迴歸關係以獲得較高的相關性。如 Thenkabail *et al.*[20]利用逐步線性迴歸分析(stepwise linear regression analysis)，探討棉花、馬鈴薯、大豆及玉米等四種作物窄波段反射比與植體鮮重間的關係，並分別建議各作物以四個窄波段組合(棉花爲 368、668、925 及 968 nm; 馬鈴薯爲 511、682、711、及 940 nm; 大豆爲 353、754、811 及 825 nm;玉米爲 439、511、625 及 954 nm)對植體鮮重進行估測，其決定係數(R^2, coefficient of determination)可分別達到 0.79、0.80、0.81 及 0.78。(3)利用植被指數，自光譜中篩選出 1 至 3 個不同特徵窄波段組合，以比較其等與作物種類、葉面積指數或植體鮮重等性狀的關係，建立最適植被指數與性狀間的關係模式，植被指數具有降低各種不確定因素(如不同土壤背景或環境因素等)干擾的功能[4]。如 Jordan[10]以 RVI(ratio vegetation index)作爲植體健康與否的指數，可說是採用植被指數的創始者；Rouse *et al.*[15]進一步提出 NDVI 指數以估測植體狀態，更受到廣大迴響，到目前爲止 NDVI 仍然受到廣泛的研究與使用。之後，許多針對不同植被或植體性狀表現的植被指數相繼發表[5, 6, 13]，成爲性狀估測的有用工具。這三種統計方法的光譜波段使用範圍，大多以可見光(400-700 nm 或 400-740 nm)及近紅外光(700-1300 nm)爲基礎，利用二或數個單一波段組合以估測植被或植體狀態。

在光譜遙測對水稻生長估測的研究上，Yang *et al.*[24, 25, 26]從水稻近地面光譜監測分析結果，顯示水稻植被光譜計算之 NDVI 與葉面積指數、葉片乾重及地上部乾重呈現曲線關係，可利用於估測水稻生長狀態，並提出以衛星寬頻波段連結近地面光譜資料庫的可能性。本文研究嘗試以不同統計方法分析近地面水稻高解析植被光譜，配合生長性狀調查，建立估測水稻生長的光譜特徵模式。再以近地面高解析光譜模擬 SPOT 衛星寬波段反射比計算植被指數，以比較近地面窄波段及衛星寬波段之植被指數估測水稻生長的差異。

材料與方法

試區、期作及栽培管理

田間試驗係於 2000 年在行政院農業委員會農業試驗所農場(臺中縣霧峰鄉)進行，提供近地面光譜遙測一、二期稻作植被反射光譜及性狀調查，計有二十塊田區，每一田區面積約 0.5 公頃。參試水稻品種為臺農 67 號(*Oryza sativa* L. cv. TNG 67)，第一期稻作在 2 月 14～18 日機插，6 月 16 日收穫，生育日數約 122 天；第二期稻作於 8 月 1～5 日機插，12 月 6 日收穫，生育日數約 125 天(本期作收穫較遲，約在完熟後 7～14 天收割)。試驗期間之栽培管理採用慣行法，以南北向機械插秧，每叢 3-5 株，行株距約為 0.30 m×0.18 m。基肥於插秧前 5 天施用臺肥 39 號(臺灣肥料公司，高雄市)300 kg ha^{-1}，第一次追肥分別約於 2 週(一期作)及 1 週(二期作)後施用臺肥 1 號 100 kg ha^{-1}，第二次追肥分別約於 4 週(一期作)及 3 週(二期作)後施用臺肥 1 號 200 kg ha^{-1}，穗肥約於 9 週(一期作)及 6 週(二期作)後施用硫酸銨 160 kg ha^{-1}。

農藥施用視病蟲草害發生狀況而定，以 6%培丹粒劑 30 kg ha^{-1} 防治二化螟蟲及瘤野螟，以 40%加保扶水懸劑 1.2 L ha^{-1} 及 50%維利黴素 1 L ha^{-1} 等之千倍稀釋液防治紋枯病及其他蟲害。除草劑部分係以 5%丁基拉草粒劑 30 kg ha^{-1} 於插秧一週內施用防除禾本科雜草，以 44.1%本達隆溶液 3 L ha^{-1} 劑量 200 倍稀釋液於分蘗初期防除鴨舌草及螢藺等雜草。

取樣及性狀調查

在兩期稻作全生育期間進行稻叢取樣，以估測稻株生長性狀。自秧苗移植後，約每隔一～二週取樣一次，每一塊田區逢機取 6 叢稻株，分別量測株高、葉鮮重、葉乾重、地上部鮮重、地上部乾重及葉面積指數(LAI)等性狀。株高係以直尺量測，將每叢稻株綠色葉片及莖稈分別剪下以分別稱取葉鮮重、稈鮮重及地上部鮮重(鮮葉與鮮稈的重量和)，另以葉面積測定儀(portable area meter, model LI-3000A, LI-COR Inc., U.S.A.)測定各單叢葉片表面積，再利用行株距換算為葉面積指數(每平方公尺土地面積上的葉片表面積，m^2 m^{-2})。將鮮葉及鮮稈置於烘箱中以 80℃烘乾 72 小時後，稱量葉乾重、稈乾重及地上部乾重(乾葉與乾稈的重量和)。

水稻植被反射光譜量測

水稻近地面植被反射光譜量測係以田間攜帶式高解析輻射光譜分(層)析儀(spectroradiometer, model GER-2600, Geophysical & Environmental Research Corp., Millbrook, NY, U.S.A.)為之，測定植被之光輻射(radiance)，量測波長範圍介於 350-2500 nm；其中 350-1050 nm 波段範圍之波距(bandwidth)約 1.5 nm，1050-2500 nm 波段範圍之波距 11.5 nm。光譜分析儀之矩陣式光輻射感測器具有 10 度視角(FOV)，固定於距離植被約 5.8 m 之高空作業車上，以垂直偵測(nadir viewing)水稻植被之反射光譜。

每一塊田區逢機量測 15 定點(目標區域)，每一定點預設為 4 次掃描之平均值，取 15 定點均值為該區代表值。反射比(%)係由植被目標區域之各波長光輻射除以同波長之標準白板('Spectralon', Labsphere, Inc., North Sutton, NH, USA)反射光輻射(即參考值)來計算。水稻族群植被反射光譜量測日期配合田間取樣，係自插秧起每隔一～二週測量一次，約自上午十時至下午一時之間選擇晴朗無雲時段偵測，以減少太陽入射角及遮雲的干擾。由於稻株生育初期的植被尚未完全覆蓋地表，植被反射光譜將受到土壤及灌溉水影響，因此本研究資料經比對植被光譜與地面光譜之差異後，僅使用未受水分及土表干擾的光譜曲線資料。

資料統計分析

水稻植被覆蓋率主要受 LAI 影響，一般言之，當 LAI 隨稻株生長而增加時，單位土地面積覆蓋率則愈高，約至抽穗期時達到最大值；抽穗後，因下位葉片逐漸枯萎死亡而導致 LAI 值漸減，覆蓋率亦隨之降低[29]。因此，本研究之稻株生長性狀及光譜資料均以抽穗日(指田區抽穗率達 50%以上)為分隔點，分為抽穗前及抽穗後兩時期進行統計分析。

將水稻生長性狀與光譜(350-2500nm)各窄波段進行相關強度(簡單直線相關)分析，篩檢出最大相關係數(r, correlation coefficient)之波段位置，且從中篩選座落於不同波帶之 8-10 個較大相關係數之窄波段，作為後續統計軟體 SAS 8.0 進行直線複迴歸分析(MLR analysis, multiple linear regression analysis)之候選光譜特徵，由逐步回歸選取程序(stepwise regression selection procedure)建立具有適當相關強度之水稻生長性狀的 MLR 估測模式。又由光譜曲線之波形，篩檢綠光波段之反射比峰點(GREEN)、紅光波段之反射比谷點(RED)及近紅外光波段之反射比頂點(NIR)為光譜曲線特徵窄波段，由其反射比之個別及相互比值探討 GREEN、RED、NIR、RED/NIR、GREEN/NIR、RED/GREEN、NDVI 及紅光臨界斜率(RES, red edge slope)等指數在生育期間之變化，以及其等和生長性狀之關係。其中，NDVI 為(NIR-RED)/(NIR+RED)之比值，RES 為(NIR-RED)/2 反射比所在窄波段位置($\lambda_{(NIR-RED)/2}$)之斜率，而 NIR、RED、GREEN 為反射比，λ_{NIR} 及 λ_{RED} 則為窄波段中心位置。

另利用 SAS 8.0 進行二個期作間的虛擬變數(dummy variable)檢定，發現兩期作之植被指數未達顯著水準，故將兩期作資料合併進行迴歸分析，以提高植被指數關係模式的適用性。再另以近地面高解析光譜資料模擬 SPOT 衛星光譜之寬波段測值，即以綠光(500-590 nm)、紅光(610-680 nm)及近紅外光(790-890nm)波段範圍之近地面窄波段反射比平均值為衛星寬波段之代表值，藉由 RED/NIR、GREEN/NIR 及 NDVI 等三種植被指數，比較近地面窄波段估值與衛星寬波段估值在估測水稻生長性狀上的差異。

結果與討論

水稻植被光譜及生長性狀在全生育期的變化

植被反射光譜是植被光學特性的綜合表現，照射至植被的光輻射將出現吸收、反射及穿透等三種現象，並因作物植株的顏色光澤、形態及結構的空間變異分佈而有不等的變化，同時隨著生育進展、土壤條件、氣象環境及人為栽培管理的差異引起的不同植被狀態，進一步造成錯綜複雜的植被反射光譜。圖 1 係 2000 年一、二期稻作生育期間定期偵測的三維動態植被反射光譜(three-dimensional dynamic spectra)，由平均值反射光譜曲線的時間序列動態顯示，水稻與一般綠色植物的植被光譜曲線類似，在不同波段各有獨特的變化趨勢。Avers[2]指出高等植物之葉綠素 a(主吸收波帶位於 380-450 nm 及 675 nm 附近)及葉綠素 b(主吸收波帶位於 410-470 nm 及 610 nm 附近)對光輻射的吸收率最大，共佔總吸收量的 65%，另 β 胡蘿蔔素吸收波帶為 420-500 nm，葉黃素吸收波帶為 400-500 nm。這些植物細胞色素對可見光波段的高吸收比例，概言之多集中在紅光及藍光波段，造成在 500-610 nm 範圍的綠黃色波段反射比相對較高，使得植物呈現綠色[2]。

在波長大於可見光的近紅外光波段(740-1300 nm)，植被反射比將受到植被結構明顯影響，因此反射比在近紅外光波段上升迅速直至一高原波形出現後又大幅下降(圖 1)；最大吸收窄波段近於 1193 nm，最大反射比則分別落於 806-890 nm(一期稻作)及 872-1161 nm(二期稻作)區間。隨著生育進展植被結構愈形複雜，近紅外光波段反射比有增高趨勢。短波紅外光波段(1300-1800 nm)及中紅外光波段(1800-2500 nm)波形複雜，且受到植體水分含量的影響最大反射比在短波紅外光落於 1316 nm，在中紅外光分別落於 1850 nm(一期稻作)及 1837 nm(二期稻作)附近。

由圖 1 之植被光譜變化，發現各波段在不同生育階段之變異不一，反應各種影響因子可能隨時空而異，組合出對各波段不等的影響作用。整體言之，概以中紅外光波段內之反射比有較大變異，顯然的中紅外光波段較易受到環境干擾，故較不適合利用於水稻生長與生育狀態之判識用途。又各波段之間可能有共線性(collinearity)問題，彼此或有交感及連動關係，未來均值得深入探討。

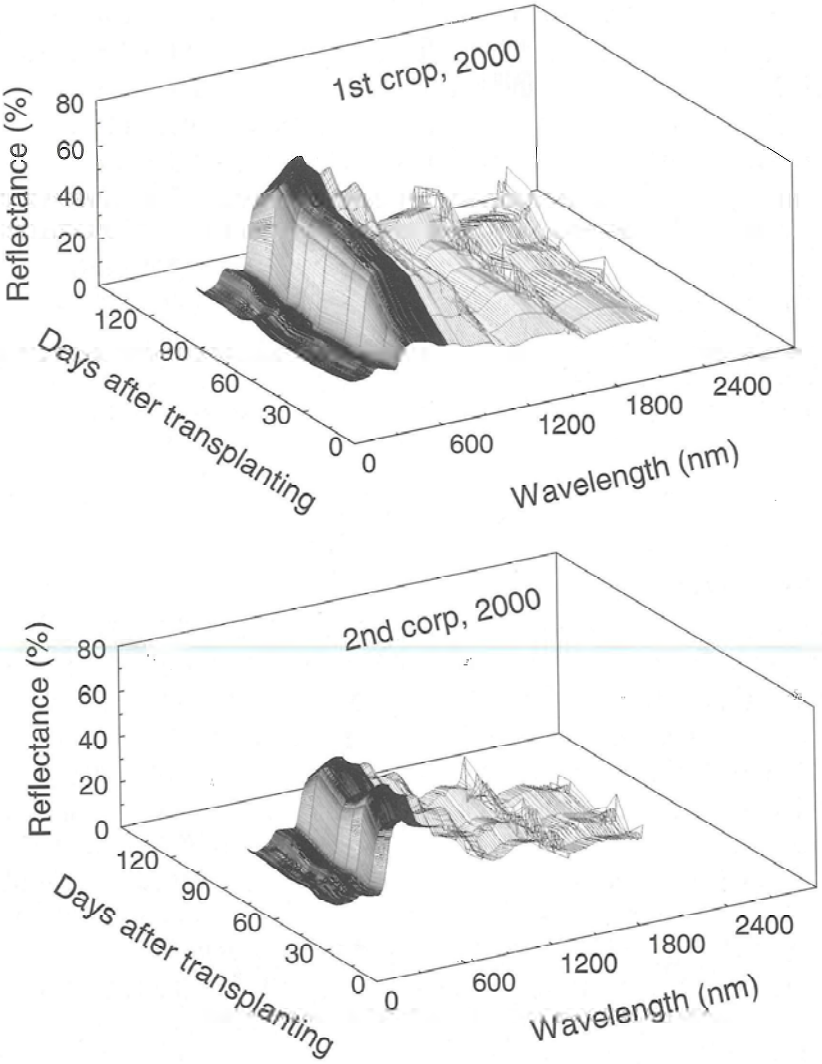

圖 1. 2000 年兩期稻作之水稻植被反射比光譜之 3D 動態變化。

Fig.1. The three-dimensional changes of rice canopy reflectance spectra during the first and the second cropping seasons of 2000.

全生育期的生長性狀分佈是瞭解作物族群生長狀況及植被狀態的最佳方式，圖 2 即是 2000 年兩期稻作不同生長性狀隨生育進展的定期偵(監)測圖示。水稻自秧苗移植後進入分蘗期，分蘗數及葉片數逐日增加，且葉片伸展擴大，使葉鮮重、葉乾重及 LAI 逐漸增大。大致言，各生長性狀約於抽穗期(一、二期稻作分別爲移植後第 91 及 71 天)前後達到最高峰，且抽穗後逐漸降低，在全生育期間呈現曲線分佈。此一現象與 Yoshida and Ahn[29]所述，LAI 値隨稻株生長而增大，至抽穗期因有最大的上位五枚葉片而達到最大值，抽穗後因下位葉片逐漸枯萎死亡而導致 LAI 值漸減的結果一致。而二期稻作由於生育初期的高溫抑制分蘗，使分蘗期提早停止，又在單位時間內快速生長使營養生長期縮短而較早達到抽穗期[11]，因此區隔出一、二期稻作之生長曲線(圖 2)。又水稻株高則隨移植後天數的增加而伸長，生育後期逐漸趨緩，在二期稻作尤其明顯，其全生育期的分佈表現與其他性狀略異。

單一窄波段反射比與水稻生長性狀的關係

由於抽穗期約爲曲線生長性狀之高原期，乃將水稻全生育期抽穗前及抽穗後的生長性狀資料切割成二部分，分別對量測光譜範圍(350-2500nm)之各窄波段反射比與各生長性狀進行相關強度(直線相關)分析，結果如圖 3。水稻一、二期稻作抽穗前的植被光譜反射比與各生長性狀間的直線相關，在可見光波段爲負相關，以紅光部位的相關性(相關係數最大絕對值)最高，最大絕對値一期稻作落於 629 nm，各性狀的相關係數(r)依序爲 LAI(-0.67)、葉鮮重(-0.67)、株高(-0.66)、葉乾重(-0.65)、地上部鮮重(-0.61)及地上部乾重(-0.61)。二期稻作在可見光波段的直線相關較一期稻作高，最大絕對値近 583 nm，依序爲葉鮮重(-0.82)、地上部鮮重(-0.81)、株高(-0.80)、葉乾重(-0.79)、地上部乾重(-0.76)及 LAI(-0.59)。

隨著波長的增長，一、二期稻作分別在 705 nm 及 726 nm 附近由可見光波段的負相關急速轉變爲近紅外光波段的正相關。在近紅外光波段中，740-1300 nm 間的相關係數均爲非常相近的高度正値，一、二期稻作最大正相關分別落於 872 nm 及 896 nm 窄波段，一期稻作相關係數(r)依序爲株高(0.85)、葉鮮重(0.82)、葉乾重(0.81)、地上部鮮重(0.80)、LAI(0.78)及地上部乾重(0.77)，二期稻作相關係數(r)依序爲株高(0.69)、地上部鮮重(0.67)、鮮葉重(0.65)、乾葉重(0.60)、地上部乾重(0.59)及 LAI(0.45)。其中，在 940-1040 nm 波帶雖然與作物生長有關，但對植體內水分也呈現敏感性[13]，因此其相關係數較 735-940 nm 波帶低。1040-2500 nm 波帶的反射光譜主要受植體內水分及結構的綜合影響，呈現出不同期作間光譜曲線的差異(圖 1)，使得相關係數的表現各異(圖 3)。

抽穗後水稻植被反射光譜與生長性狀的關係與抽穗前的趨勢大致相同，一、二期稻作的最佳直線相關窄波段在可見光波段分別位於 652 nm 及 670 nm，近紅外光波段分別落於 834 nm 及 808 nm，但相關性均較抽穗前低。如前述水稻株高在抽穗後的生長逐漸趨緩，未如反射比之下降幅度，故相關性較差且不如其他生長性狀(圖 3)。因此，綜觀水稻生長性狀與波段光譜的直線相關，無論是抽穗前或抽穗後，雖然正、負不一，大致上均以可見光波段及近紅外光波段的相關性較佳。

利用多元直線複回歸模式建立水稻兩期稻作生長性狀的估測模式

爲了去除水稻植被光譜中的干擾因子，得到更好的生長性狀估(預)測結果，乃試以組合數個相互獨立且對生長性狀敏感性高的特徵窄波段[11, 14, 18, 20]，建立估測生長的光譜特徵模式。本研究利用多元直線複迴歸分析(MLR analysis)中的逐步迴歸選取程序，選出 2-3 個波長變數，以建立由多個單一特徵窄波段組合而成的關係模式，作爲估(預)測水稻生長性狀用途。然爲避免複迴歸分析中變數之間的共線性(collinearity)問題，先由前述單一窄波段反射比與水稻生長性狀的直線相關中(圖 3)，選擇 8-10 個分屬不同波段(如藍光、綠光、紅光、短波近紅外光及中波近紅外光等)且對生長性狀相關性較佳的窄波段反射比進行回歸分析，結果如表 1。

由表 1 得知，在一、二期稻作抽穗前的各個估測模式中，除二期稻作估測模式對地上部乾重(R^2=0.617)及 LAI(R^2=0.385)的相關性較低外，其他估測模式均能解釋各生長性狀 70%以上的變異，且達到顯著相關($P<0.01$)。一期稻作估測模式的適用特徵窄波段爲 541 nm、872 nm 及 1607 nm，二期稻作則爲 583 nm、896 nm 及 1421 nm，但二期稻作中的三個特徵窄波段未必需要全部應用於估測模式，

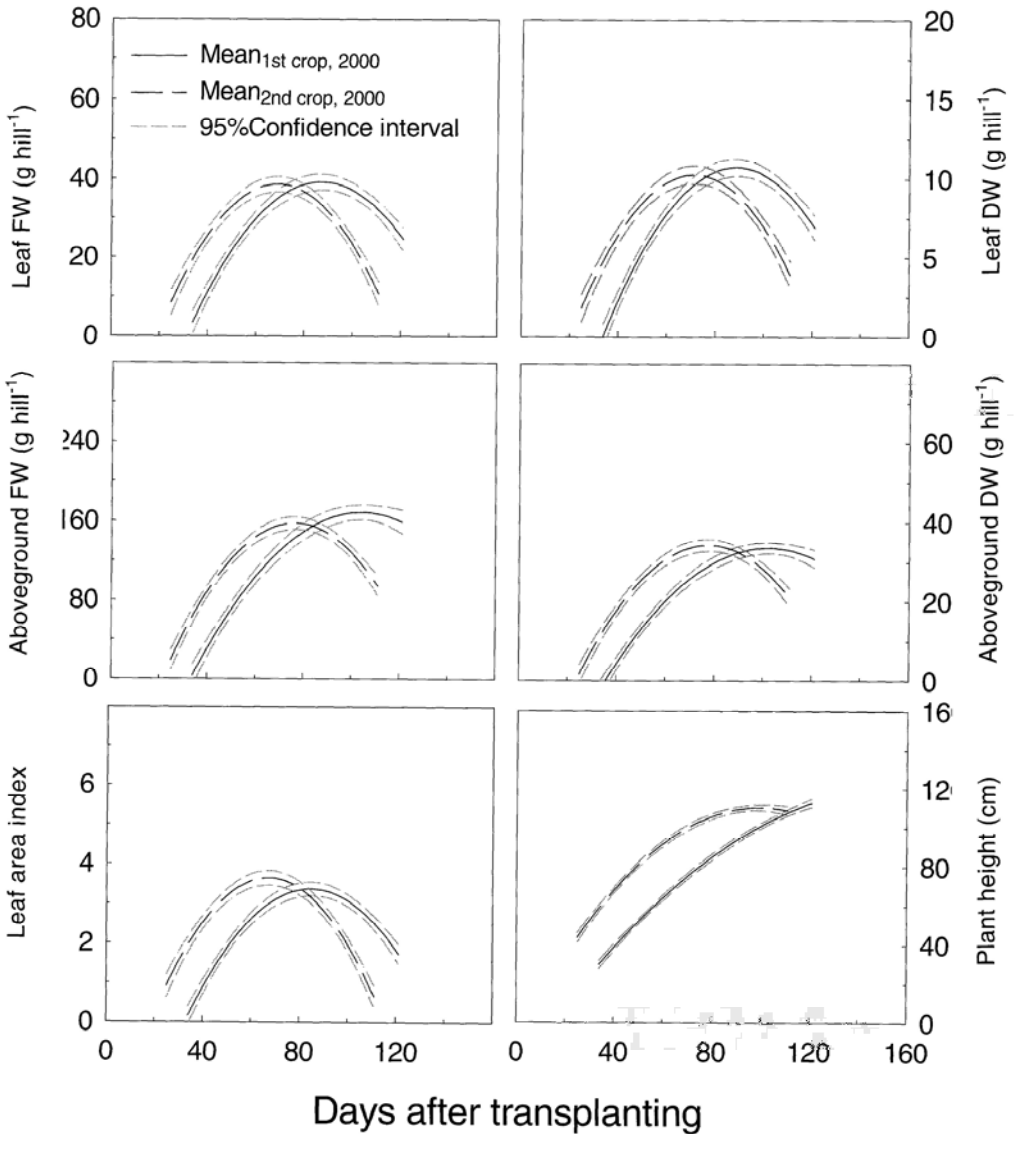

圖 2. 2000 年兩期稻作之水稻生長性狀全生育期二次迴歸曲線及其 95%信賴區間。

Fig.2. Changes of growth traits of rice plants grown in the first and the second cropping seasons of 2000. Thc 95% confidence interval of each growth trait is included.

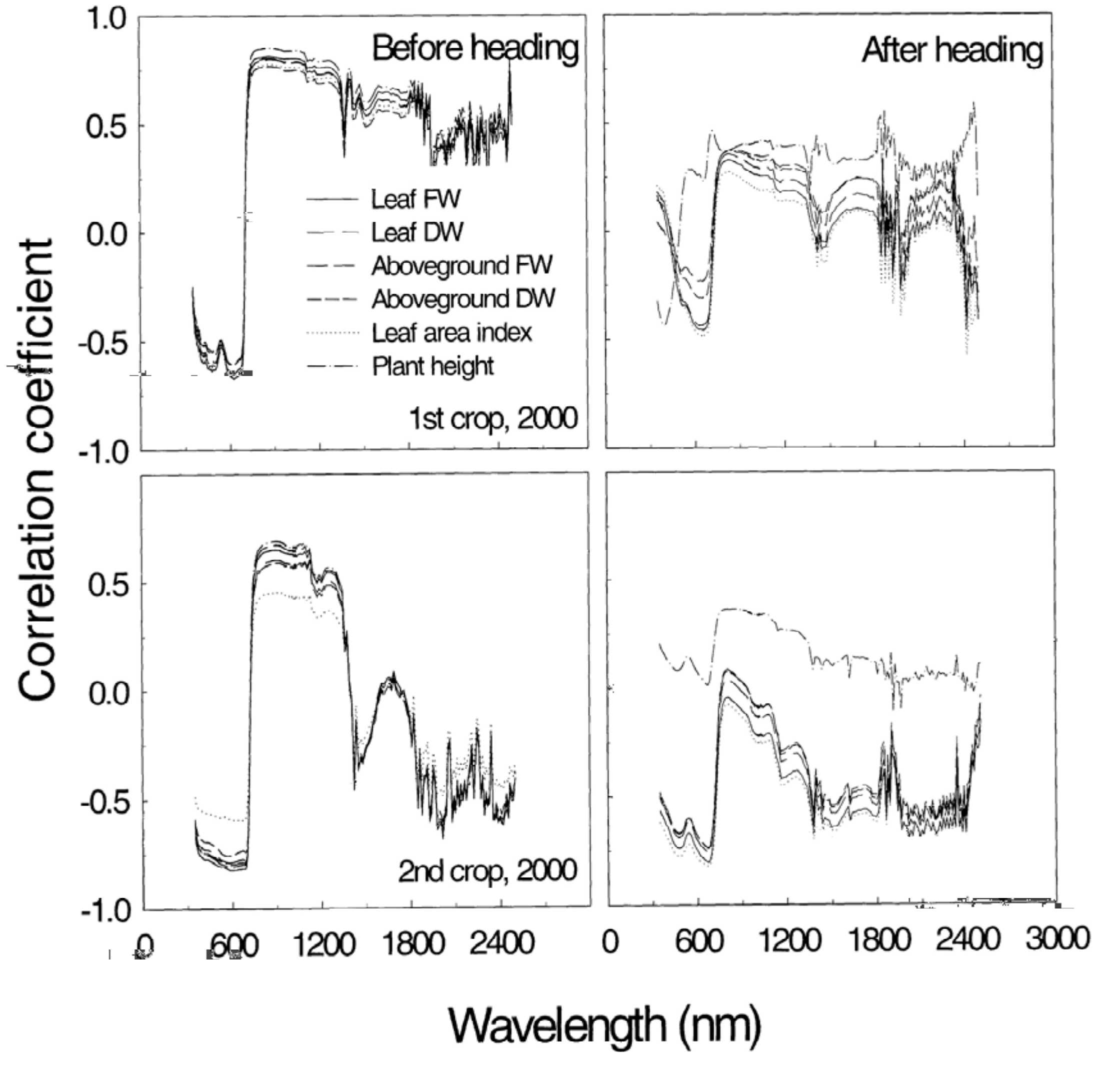

圖 3. 2000 年兩期稻作之水稻不同生長性狀與植被光譜反射比之相關強度(直線相關)曲線。

Fig.3. The correlation intensity (linear correlation) analysis curves of growth traits to reflectance spectra of rice plants grown in the first and the second cropping seasons of 2000.

表 1. 2000 年兩期稻作之水稻植株生長性狀直線複迴歸估測模式

Table 1. The best 1-, 2-, and 3-variable linear regression models for growth traits of rice plants (*Oryza sativa* L. cv TNG 67) grown in the first and the second crops of 2000

Growth stage	$Y=aX_1+bX_2+cX_3+d$				N	R^2	P
	a	b	c	d			
Before heading							
First crop, 2000[z]							
Leaf fresh weight	-1.92	1.16	-1.21	16.16	20	0.779	<0.01
Leaf dry weight	-0.43	0.39	-0.52	3.48	20	0.786	<0.01
Aboveground fresh weight	-5.46	5.57	-7.34	40.22	20	0.761	<0.01
Aboveground dry weight	-1.03	1.21	-1.82	7.81	20	0.740	<0.01
Leaf area index	-0.15	0.10	-0.13	1.39	20	0.758	<0.01
Plant height	-2.15	1.79	-1.99	42.36	20	0.832	<0.01
Second crop, 2000[y]							
Leaf fresh weight	-2.21	1.15	-2.28	31.08	20	0.793	<0.01
Leaf dry weight	-0.73	0.30	-0.60	8.93	20	0.708	<0.01
Aboveground fresh weight	-8.00	5.03	-9.34	99.27	20	0.790	<0.01
Aboveground dry weight	-4.72	0.56		28.23	20	0.617	<0.01
Leaf area index		0.15	-0.34	2.26	20	0.385	<0.01
Plant height	-6.03	1.05		73.15	20	0.730	<0.01
After heading							
First crop, 2000[x]							
Leaf fresh weight	4.63	-6.93	0.55	21.94	20	0.642	<0.01
Leaf dry weight	1.12	-1.78	0.16	6.13	20	0.649	<0.01
Aboveground fresh weight		-6.95	1.83	142.65	20	0.363	<0.01
Aboveground dry weight		-1.69	0.40	29.59	20	0.457	<0.01
Leaf area index		-0.28	0.05	2.40	20	0.577	<0.01
Plant height[w]		-1.16	0.67	99.66	20	0.282	<0.01
Second crop, 2000[v]							
Leaf fresh weight	11.56	-7.84		34.44	20	0.727	<0.01
Leaf dry weight		-0.73	0.16	7.18	20	0.690	<0.01
Aboveground fresh weight		-7.41	1.88	120.57	20	0.693	<0.01
Aboveground dry weight		-1.39		40.48	20	0.540	<0.01
Leaf area index		-0.27	0.04	2.65	20	0.731	<0.01
Plant height[u]		0.40	-0.35	97.64	20	0.177	<0.01

[z] X_1: reflectance at 541 nm, X_2: reflectance at 872 nm, X_3: reflectance at 1607 nm.

[y] X_1: reflectance at 583 nm, X_2: reflectance at 896 nm, X_3: reflectance at 1421 nm.

[x] X_1: reflectance at 533 nm, X_2: reflectance at 629 nm, X_3: reflectance at 834 nm.

[w] X_2: reflectance at 629 nm, X_3: reflectance at 1876 nm.

[v] X_1: reflectance at 479 nm, X_2: reflectance at 670 nm, X_3: reflectance at 808 nm.

[u] X_2: reflectance at 808 nm, X_3: reflectance at 1621 nm.

部分生長性狀在二期稻作以最佳二元直線複迴歸模式即已足夠，新增變數並未大幅提供對生長性狀變異之估測。由以上可知，無論一、二期稻作，其選出的三個窄波段組合分別落於可見光波段(400-740 nm)中的綠光部位(500-600 nm)，以及近紅外光(740-1300 nm)或短波紅外光(1300-1800 nm)等波段之中，並未有集中於某一特定波段之現象。

在抽穗後的估測模式中，由於株高在抽穗後的生長趨於平緩，與其他生長性狀在抽穗期前後達到最高值後逐漸降低的曲線分佈略異(圖 2)，造成其估測模式的 R^2 都在 0.282 以下(表 1)。因此，抽穗後除了株高及一期稻作的地上部鮮重(R^2=0.363)、地上部乾重(R^2=0.457)的 R^2 較低外，其他估測模式的 R^2 均可達到 0.54 以上，並具顯著水準($P<0.01$)。在摒除株高之後，各模式的特徵窄波段在一期稻作爲 533 nm、629 nm 及 834 nm，二期稻作則爲 479 nm、670 nm 及 808 nm，均落於可見光及近紅外光波段。其中葉鮮重、葉乾重對綠光(533 nm，一期稻作)或藍光(479 nm，二期稻作)部位及近紅外光波段較爲敏感，其他性狀則受紅光(629 nm 或 670 nm)及近紅外光波段的影響較大(表 1)。

Thomas and Gausman[21]試驗結果發現，在植被 400-2500 nm 光譜範圍中，可見光波段主要受到葉綠素吸收光譜的影響，葉綠素吸收光譜最強烈的部位在藍光(400-500 nm)及紅光(600-700 nm)，最弱的部位在綠光(500-600 nm)；近紅外光部位(700-1300 nm)主要受植被結構及葉內構造的影響，植被結構及葉內構造愈複雜，近紅外光部位的反射比愈高；1300-2500 nm 波段則受植體內水分吸收的影響最大。因此，本研究表 1 各估測模式中特徵窄波段變數的參數值顯示，一、二期稻作抽穗前的水稻生長性狀分別與以 541 nm、583 nm 爲中心的可見光綠光波段和以 1607 nm、1421 nm 爲中心的短波紅外光波段呈負相關，與近紅外光波段(872 nm、896 nm)呈正相關。由此可見，水稻在抽穗前隨著生育日數的增加，植株日益成長的結果造成單位土地面積內葉綠素含量的提升及植被結構的漸趨複雜，於是使得植體水分含量愈高且植被覆蓋率增加[3, 28]。抽穗後的估測模式中，除了株高以外，兩期稻作各生長性狀均與可見光中的紅光波段呈負相關，與近紅外光波段呈正相關，其中葉重部份受綠光的負影響較大。即當水稻在抽穗後的生殖生長相(reproductive growth phase)，通常植株生育已近停頓，隨著葉片老化作用的發生，器官的衰敗及色素的改變逐趨明顯，植被結構漸趨簡單，使得紅光部位的反射比增加而近紅外光部位的反射比降低，同時也降低生長性狀與光譜特徵的相關性。又植體的老化過程中，對水分的需求不若營養生長相(vegetative growth phase)的旺盛，可能使得其與水分關係密切的短波及中波紅外光的相關較鬆散，因此生長性狀的最佳估測模式並無短波及中波紅外光之窄波段列入。

利用植被指數建立水稻生長性狀的估測模式

多元直線複迴歸模式必須利用統計方法在許多窄波段中選擇獨立且敏感性高的窄波段加以組合，以估測生長性狀。這種方法較爲複雜，需要考量變數之共線性及其對生長性狀之敏感性，當選出的特徵窄波段數目較多時，實用性將較差而不適合發展多波段(頻譜)之簡易測計。植被指數提供另一種選擇，係由不同窄波段或寬波段中精選出來的綜合指數，可由之建立植被反射光譜與作物外觀特性的關係，並將各種不確定因素(如土壤背景、大氣環境等)極小化[4]。植被指數通常選擇 1-3 個單一特徵波段，利用波段之間符合邏輯的數學運算(如和、差、比值等)與作物特性建立關係模式。因爲此種統計方法較多元直線複迴歸分析簡單，選擇波段數較少，實用性相對較高。

爲提高植被指數的實用性，經過虛擬變數檢定，本研究將一、二期稻作的資料進行合併，建立同時適用於兩期稻作的植被指數。表 2 陳列 RED、NIR、RED/NIR、GREEN/NIR、NDVI 及 RES 等六種植被指數對水稻一、二期稻作抽穗前和抽穗後生長性狀的參數。由表 2 結果，顯示抽穗前六種指數中以 GREEN/NIR 對各性狀的相關性最佳(圖 4a)，以 LAI 爲例，各指數的決定係數 R^2 依次爲 GREEN/NIR(0.775)、NDVI(0.740)、RED/NIR(0.730)、RED(0.459)、NIR(0.397)及 RES(0.375)。其中 GREEN/NIR、NDVI 及 RED/NIR 對各性狀的 R^2 除了地上部乾重及株高以外，均達到 0.72 以上，如 GREEN/NIR 與各性狀的相關性由大而小依序爲葉鮮重(0.785)、地上部鮮重(0.780)、LAI(0.775)、葉乾重(0.763)、株高(0.728)及地上部乾重(0.719)。

表 2. 以植被指數估測 2000 年兩期稻作之水稻植株生長性狀

Table 2. Regression analyses of spectral indices to growth traits of rice plants (*Oryza sativa* L. cv TNG 67) grown in the first and the second crops of 2000

		Growth trait[z]					
Spectral index		LFW	LDW	AGFW	AGDW	LAI	PH
Before heading				$Y=ae^{bx}$			
RED(%)	a	74.61	22.42	308.18	81.85	7.42	122.06
	b	-0.29	-0.34	-0.34	-0.43	-0.33	-0.17
	R^2	0.599	0.589	0.569	0.599	0.459	0.654
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NDVI	a	1.19	0.17	1.81	0.18	0.10	16.83
	b	4.01	4.74	5.03	5.86	3.98	1.80
	R^2	0.767	0.730	0.736	0.666	0.740	0.704
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
RED/NIR	a	58.63	17.33	249.69	57.39	4.74	92.79
	b	-6.11	-7.43	-7.98	-9.44	-6.04	-2.37
	R^2	0.758	0.763	0.780	0.719	0.730	0.728
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
GREEN/NIR	a	70.47	21.52	314.35	74.50	5.82	104.59
	b	-4.78	-5.76	-6.17	-7.23	-4.85	-2.10
	R^2	0.785	0.763	0.780	0.719	0.775	0.728
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
					$Y=aX+b$		
NIR(%)	a	1.01	0.27	3.83	0.75	0.07	1.25
	b	3.88	-1.37	-23.15	-4.47	-0.08	27.50
	R^2	0.504	0.430	0.449	0.318	0.397	0.372
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
RES	a	180.61	49.51	704.73	136.34	13.27	233.22
	b	1.86	0.05	-3.22	-0.43	0.33	33.43
	R^2	0.468	0.415	0.434	0.305	0.374	0.375
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
After heading				$Y=ae^{bx}$			
RED(%)	a	55.67	14.32	193.05	31.75	4.91	107.88
	b	-0.09	-0.07	-0.04	-0.02	-0.11	-9.41
	R^2	0.456	0.395	0.220	0.026	0.533	0.000
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.000
NDVI	a	2.71	1.04	49.15	9.57	0.12	105.36
	b	3.33	2.92	1.56	1.68	4.04	0.03
	R^2	0.665	0.634	0.461	0.560	0.708	0.004
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.487
RED/NIR	a	67.00	17.21	220.24	47.76	6.00	108.89
	b	-4.86	-4.24	-2.23	-2.38	-5.95	-0.05
	R^2	0.677	0.645	0.474	0.566	0.715	0.004
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.466
GREEN/NIR	a	89.89	22.84	263.15	57.57	8.46	109.06
	b	-4.94	-4.44	-2.48	-2.63	-5.96	-0.05
	R^2	0.596	0.588	0.431	0.523	0.650	0.003
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.585
					$Y=aX+b$		
NIR(%)	a	0.20	0.07	1.17	0.19	0.01	0.16
	b	20.08	5.28	95.54	22.79	1.79	100.92
	R^2	0.032	0.054	0.127	0.079	0.008	0.075
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.321	0.218
RES	a	148.84	40.42	519.96	97.97	10.91	39.48
	b	4.34	1.55	61.64	14.98	0.38	101.42
	R^2	0.267	-.301	0.370	0.319	0.192	0.069
	P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

[z] LFW: leaf fresh weight, LDW: leaf dry weight, AGFW: aboveground fresh weight, AGDW: aboveground dry weight, LAI: leaf area index, PH: plant height.

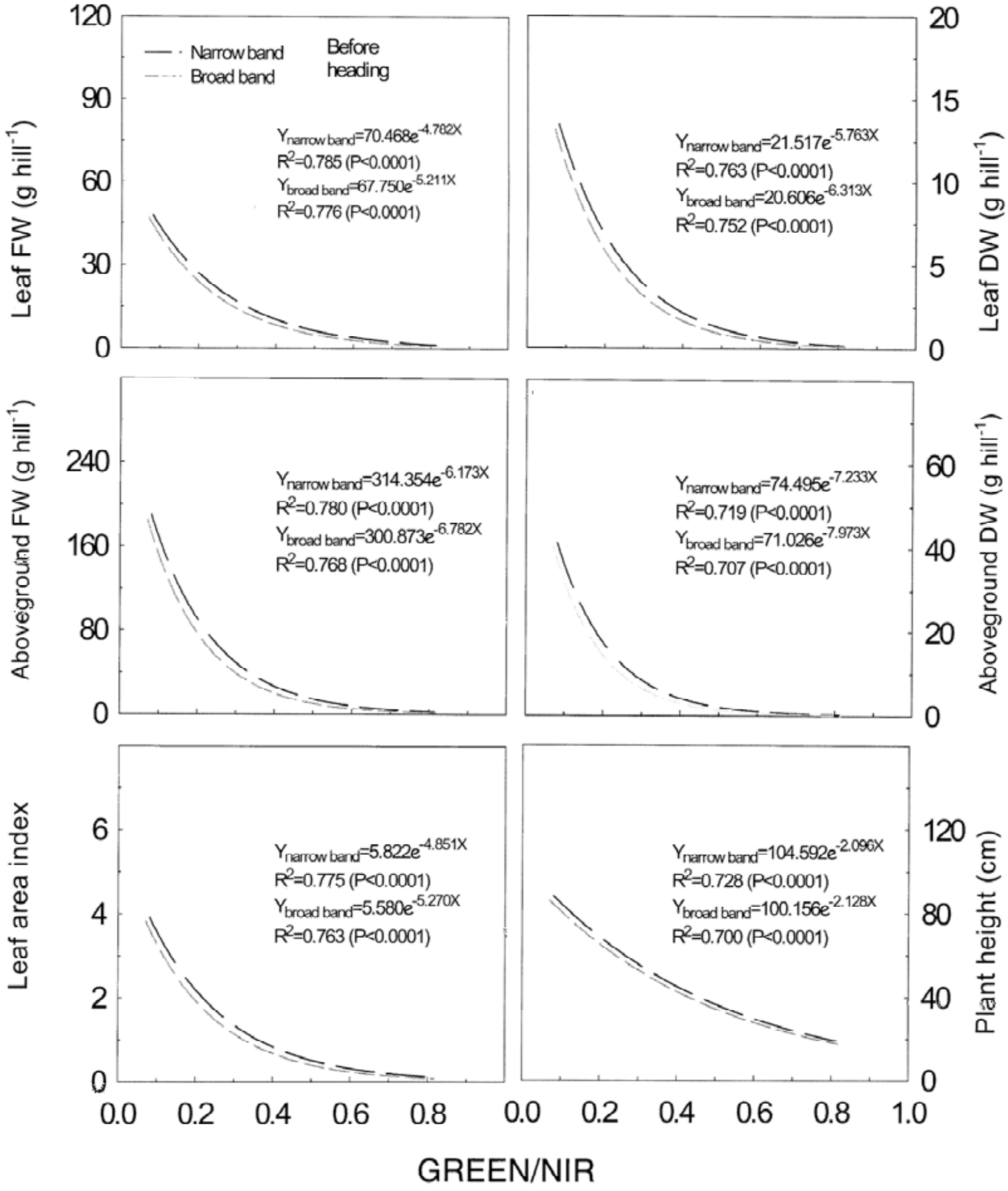

圖 4a. 2000 年兩期稻作之水稻抽穗前不同生長性狀與植被指數(GREEN/NIR 比值)之相關曲線。植被指數分別由水稻植被光譜之窄波段反射比及模擬 SPOT 衛星寬波段平均反射比計算。

Fig. 4a. Correlation between growth traits and GREEN/NIR ratio before heading for rice plants grown in the first and the second cropping seasons of 2000. GREEN: reflectance at green light peak, NIR: reflectance at near-infrared maximum.

又如表 2，抽穗後各指數與各性狀的相關性均較抽穗前爲低，其中以 RED/NIR 與各性狀的相關性較佳(圖 4b)，如以 LAI 來說，其 R^2 依次爲 RED/NIR(0.715)、NDVI(0.708)、GREEN/NIR(0.650)、RED(0.533)、RES(0.192)及 NIR(0.008)。此外，各指數對抽穗後株高的相關性普遍不佳，其 R^2 均在 0.008 以下。因此，抽穗前及抽穗後分別以 GREEN/NIR 及 RED/NIR 爲最佳的結果(圖 4a、4b)，與多元直線複迴歸估測模式中單一窄波段所在的波段相符(表 1)。二種統計方法均顯示，水稻生長性狀的估(預)測，在抽穗前利用 GREEN 及 NIR 波段部位，抽穗後利用 RED 及 NIR 波段部位所建立的關係模式可達到最高的相關性。

此外，無論抽穗前或抽穗後，RES 及 NIR 與性狀間的關係爲直線關係，NDVI、RED/NIR、GREEN/NIR 及 RED 與性狀間呈現指數關係(表 2)。Horler[10]指出，紅光臨界位置及斜率會因爲作物的老化導致葉綠素含量降低及丹寧酸增加而產生位移，也會隨著生育進展而改變。惟本文研究之 RES 與水稻各性狀間的相關性並未較其他植被指數爲佳，NDVI、RED/NIR 及 GREEN/NIR 都是以 GREEN、RED 及 NIR 爲基礎的植被指數。可見光波段中的 RED 的反射比隨著植被覆蓋率的增加而降低，當覆蓋率接近 100%以後，LAI 及生質量仍繼續生長，但 RED 的反射比卻增加很少，造成 RED 與各性狀的關係呈現指數關係，而非線性關係(表 2)。這似乎是可見光波段光譜中共有的特性，也是造成以可見光爲基礎的植被指數在估(預)測植被各種性狀時，受到飽和度限制的原因。Aman *et al.*[1]曾指出，NDVI 可對 LAI 進行良好的預測，在 LAI＜3 時，NDVI 與 LAI 幾乎呈直線關係，當 LAI 愈大，植冠構造漸趨複雜，NDVI 與 LAI 的相關性將逐漸降低，其限制因素即爲 RED 與 LAI 的關係改變成非直線關係的結果。而 NIR 的反射比在覆蓋率達到 100%以後，隨著 LAI 及生質量的繼續生長，其反射比不受覆蓋率的影響，植被覆蓋率愈高則近紅外光之反射值愈大[22]，與各性狀的關係爲直線相關(表 2)。因此，多元直線複迴歸模式爲一線性關係，而當此模式選擇可見光波段及近紅外光波段中的二個波段長做爲估測模式時，將因容易受到上述飽和度問題的限制，使其相關性較前述三個植被指數爲低。

由上述可知，水稻生長性狀可以由近地面窄波段光譜中，以 GREEN、RED 及 NIR 爲基礎的植被指數(NDVI、RED/NIR 及 GREEN/NIR)進行估測。但是，如果能夠利用衛星進行地面光譜遙測以評估作物生長狀態，將使植被光譜估(預)測作物生長性狀模式的實用性更廣、更多樣性。爲瞭解近地面窄波段與衛星寬波段頻譜在進行水稻生長估(預)測時的差異性，本研究遂利用水稻近地面植被窄波段光譜模擬 SPOT 衛星寬頻之植被指數，以比較植被指數在近地面窄波段光譜與 SPOT 衛星寬波段頻譜在進行水稻生長預測時的差異性。本研究特選取抽穗前最佳之 GREEN/NIR 及抽穗後最佳之 RED/NIR 爲例進行比較，結果顯示無論在抽穗前或抽穗後，模擬 SPOT 衛星寬波段頻譜的植被指數與各性狀的相關性雖略低於近地面窄波段光譜植被指數，但非常相近(圖 4a、4b)，且二者間對各種性狀預測結果的相似度均達到 98%以上(圖 5)。

由試驗結果推論，SPOT 衛星寬波段頻譜在正確校正大氣干擾變數及地理幾何因素後，可藉由近地面高解析光譜遙測所建立之資料庫及各項衍生光譜特徵模式，應用於估測農作物(如水稻)的生長性狀及追蹤農作物的生長狀態。如此一來，將可進行大面積非破壞性的農作物生長監(偵)測，乃至於擴及環境對生長狀態的影響評估。惟本文研究直接以近地面窄波段高光譜資料模擬衛星寬波段多頻譜資料，避開了實際偵測時必然遭逢的光譜解析度、空間解析力、衛星感測器俯視角度及大氣與地理校正問題，眞實狀況下立體光譜資訊之連結仍待探討與釐清。

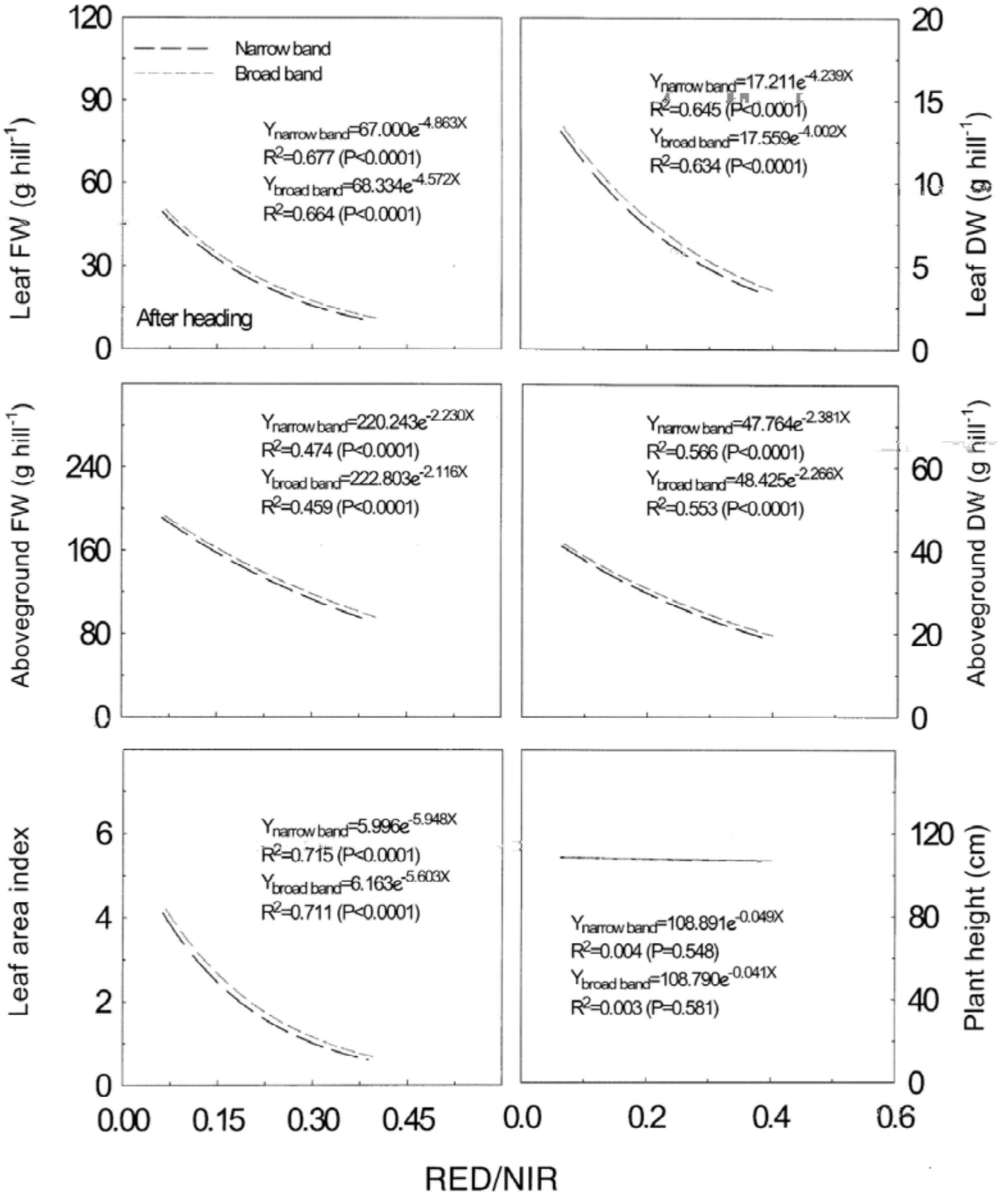

圖 4b. 2000 年兩期稻作之水稻抽穗後不同生長性狀與植被指數(RED/NIR 比值)之相關曲線。植被指數分別由水稻植被光譜之窄波段反射比及模擬 SPOT 衛星寬波段平均反射比計算。

Fig. 4b. Correlation between growth traits and RED/NIR ratio after heading for rice plants grown in the first and the second cropping seasons of 2000. RED: reflectance at red light minimum, NIR: reflectance at near-infrared maximum.

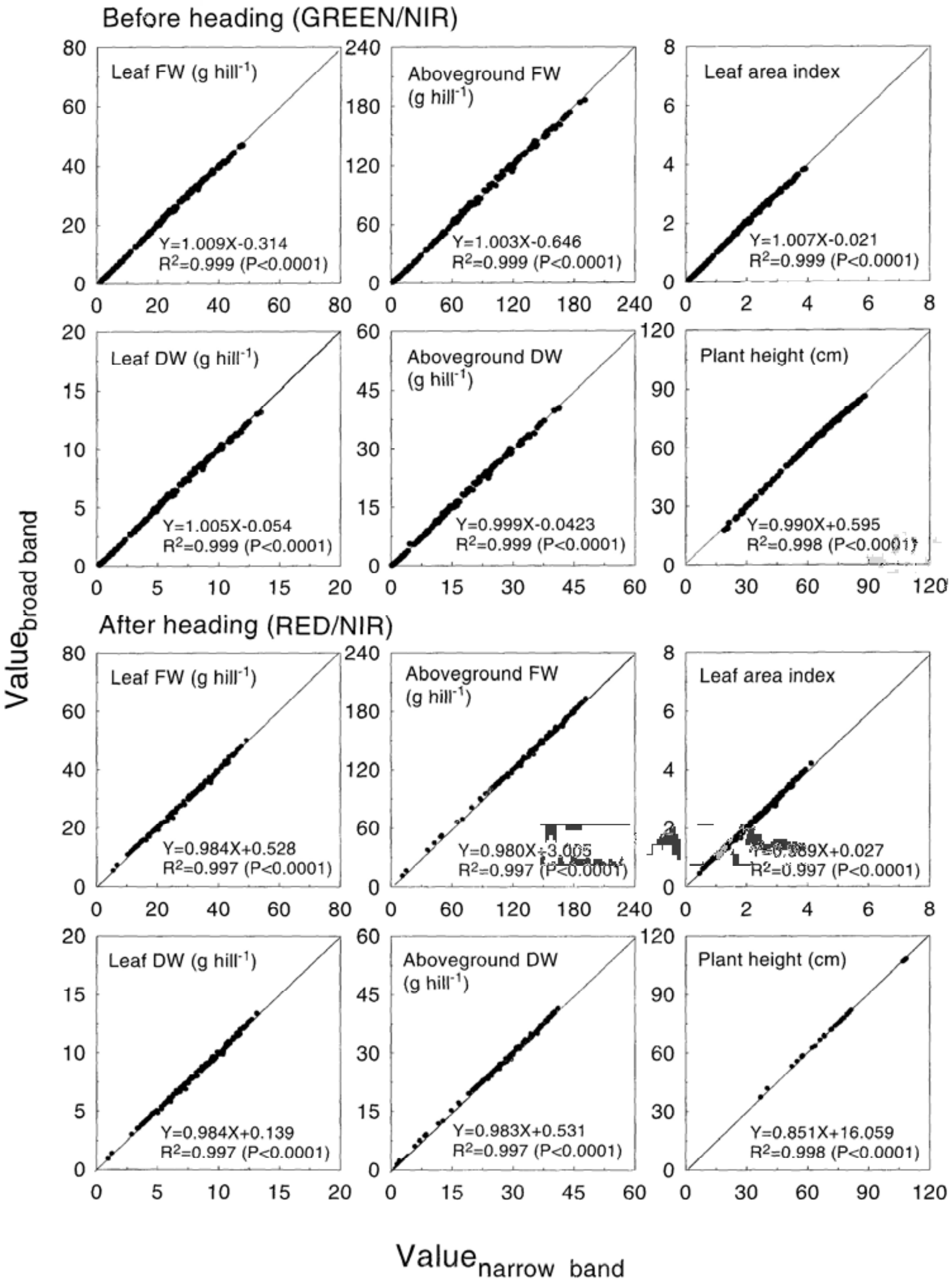

圖 5. 水稻不同生長性狀以窄波段植被指數及模擬 SPOT 衛星寬波段植被指數估測之相關性。抽穗前以 GREEN/NIR 比值估測，抽穗後以 RED/NIR 比值估測。

Fig.5. Correlation between growth traits of rice plants estimated from spectral indices, GREEN/NIR ratio before heading and RED/NIR ratio after heading, of ground-based hyperspectral data and simulated broad band data of SPOT satellite.

誌 謝

本文研究承蒙行政院農業委員會科技計畫(90農科-4.1.1-農-C2及91農科-5.1.3-農-C2)經費補助，並承農委會農業試驗所農場組協助田區管理，特以致謝。

引用文獻

1.Aman, A., H. P. Randriamanantena, A. Podaire and R. Forouin. 1992. Upscale integration of normalized difference vegetation index: The problem of spatial heterogeneity. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 30:326-338.

2.Avers, C. G. 1985. Molecular Cell Biology. Addison-Wesley, Reading, MA, USA.

3.Blackburn, G. A. 1998. Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: a test using senescent tree leaves. Intl. J. Remote Sens. 19(4):657-675.

4.Bouman, B. A. M. 1995. Crop modeling and remote sensing for yield prediction. Netherlands J. Agric. Sci. 43:413-161.

5.Carter, G. A. 1994. Ratios of leaf reflectance in narrow wavebands as indicators of plant stress. Intl. J. Remote Sens. 15:697-703.

6.Chen, J. M. 1996. Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal application. Canadian J. Remote Sens. 22:229-242.

7.Elvidge, C. D. and Z. Chen. 1995. Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indices. Remote Sens. Environ. 54:38-48.

8.Fassnacht, K. S., S. T. Gower, M. D. MacKenzie, E. V. Nordheim and T. M. Lillesand. 1997. Estimating the leaf area index of north central Wisconsin forests using the Landsat Thematic Mapper. Remote Sens. Environ. 61:229-245.

9.Horler, D. N. H. 1983. The red edge of plant leaf reflectance. Intl. J. Remote Sens. 4:273-288.

10.Jordan, C. F. 1969. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. Ecology 50:663-666.

11.Lawrence, R. L. and W. J. Ripple. 1998. Comparisons among vegetation indices and bandwise regression in a highly disturbed, heterogeneous landscape: Mount St. Helens, Washington. Remote Sens. Environ. 64:91-102.

12.Lin, A. C. 1979. Comparison on the photosynthesis under community conditions between the first and second crops of rice. p.85-90. In: The Causes of Low Yield of the Second Crop Rice in Taiwan and the Measures for Improvement. NSCT, Taiwan.

13.Penuelas, J., I. Filella, L. Serrano and R. Save. 1996. Cell wall elasticity and water index (R970 nm/R900 nm) in wheat under different nitrogen availabilities. Intl. J. Remote Sens. 17: 373-382.

14.Ripple, W. J. 1994. Determining coniferous forest cover and forest fragmentation with NOA-9 advanced very high resolution radiometer data. Photogramm. Eng. Remote Sens. 60:553-540.

15.Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell, D. W. Deering and J. C. Harlan. 1974. Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradition (Greenwave Effect) of Natural Vegetation, NASA/GSFC Type III, Final Report, Greenbelt, MD, USA. 371pp.

16.Schepers, J.S., T.M. Blackmer, W.W. Wilhelm and M. Resende. 1996. Transmittance and reflectance measurements of corn leaves from plants with different nitrogen and water supply. J. Plant Physiol. 148:523-529.

17.Shaw, D. T., T.J. Malthus and J.A. Kupiec. 1998. High-spectral resolution data for monitoring Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) regeneration. Intl. J. Remote Sens. 19:2601-2608.

18.Shibayama, M. and T. Akiyama. 1991. Estimating grain yield of maturing rice canopies using high spectral resolution reflectance measurements. Remote Sens. Environ. 36:45-53.

19.Thenkabail, P.S., A.D. Ward and J.G. Lyon. 1995. Landsat-5 Thematic Mapper models of soybean and corn crop characteristics. Intl. J. Remote Sens. 15:49–61.

20.Thenkabail P. S., R. B. Smith and E. De Pauw. 2000. Hyperspectral vegetation indices for determining agricultural crop characteristics. Remote Sens. Environ. 71:158-182.

21.Thomas, J.R. and H.W. Gausman. 1977. Leaf reflectance vs. leaf chlorophyll and carotenoid concentrations for eight crops. Agron. J. 69:799-802.

22.Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sens. Environ. 8:127-150.

23.Wiegand, C.L., S.J .Mass, J.K. Aase, J.L. Hatfield, P.J. Pinter, R.D. Jackson, E.T. Kanemasu and R.L. Lapitan. 1992. Multisite analysis of spectral-biophysical data for wheat. Remote Sens. Environ. 42:1–21.

24.Yang, C.M. and M.R. Su. 1998a. Seasonal variations of reflectance spectrum and vegetation index in rice vegetation cover. p.574-593. In: Proceeding of the 3rd Asian Crop Science Conference. April 27-May 2, 1998. Chinese Society of Agronomy. Taichung, Taiwan.

25.Yang, C.M. and M.R. Su. 1998b. Correlation of spectral reflectance to growth of rice vegetation. p.A-1-1-A-1-6. In: Proceedings of the 19th Asian Conference on Remote Sensing. November 16-20, 1998. National Mapping and Resource Information Authority and Asian Association on Remote Sensing. Manila, Philippines.

26.Yang, C.M. and M.R. Su. 1999. Modeling rice growth from characteristics of reflectance spectra. P.735-740. In: Proceedings of the 20th Asian Conference on Remote Sensing. 22-25 November 1999, Hong Kong.

27.Yang, C.M and M.R. Su. 2000. Analysis of spectral characteristics of rice canopy under water deficiency. p.13-18. In: Proceedings of the 21th Asian Conference on Remote Sensing. 4-8 December 2000, Taipei.

28.Yang, C.M. and Y.J. Lee. 2001. Seasonal changes of chlorophyll content in field-grown rice crop and their relationships with growth. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(B) 25:233-238.

29.Yoshida, S. and S.B. Ahn. 1968. The accumulation process of carbohydrate in rice varieties in relation to their response to nitrogen in the tropics. Soil Sci. Plant Nutr. 14:153-161.

Estimating Rice Growth Using Ground-Based Hyperspectral Reflectance Data and Simulated SPOT Broad Band Data[1]

Rong-Kuen Chen[2] and Chwen-Ming Yang[2,3]

Summary

Ground-based remotely sensed high-resolution reflectance spectra and growth traits of rice plants grown in the 1st and the 2nd cropping seasons of 2000 were used for establishing spectral characteristic models to estimate rice growth. Differences in plant growth from the estimates of spectral indices with narrow bands and simulated SPOT broad bands were compared. The 3-dimensioanl reflectance spectra of rice canopy were similar to those of other green plants. The patterns of growth traits were curvilinear, reached the climax near heading and differed between cropping seasons. By correlation intensity analysis between reflectance of narrow bands and growth traits, it showed that the correlation intensity curves were similar before and after heading, with lesser degree of correlation after heading. By the multiple linear regression (MLR) analysis, the best-2 and best-3 MLR models were established. Among the examined spectral indices, the GREEN/NIR ratio had the best correlation with growth traits before heading yet it was the RED/NIR ratio after heading. Differences in growth traits from spectral index estimations by narrow bands and the simulated SPOT broad bands were not significant.

Key words： Ground-based hyperspectral reflectance data, Spectral characteristic model, Vegetation index, Growth, SPOT satellite.

---

1. Contribution No.2128 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : November 22, 2002.
2. Research Assistant and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, E-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(4):19~27(2002)

篩選與水稻抗褐飛蝨基因連鎖之分子標誌[1]

黃惠娟[2] 李長沛[2] 陳治官[2,5] 鄭清煥[3] 謝兆樞[4] 林順福[4]

摘要：本試驗以台農 69 號與越光雜交所得的 160 個 $F_{2:4}$ 衍生品系爲材料，利用 135 個具多型性的分子標誌來建構一個稉型稻的分子圖譜，以釐定與褐飛蝨抗性相關的基因。藉由不同年度綜合的變方分析，估算此族群對褐飛蝨抗性的廣義遺傳率（h^2_B）是 73.9%。從三年的外表型調查資料，偵測到 5 個與褐飛蝨抗性相關的具有主效作用的數量性狀基因座（Quantitative trait loci, QTL），其中 2 個是位於 C 連鎖群上，另外三個分別位於連鎖群 E、G 及 H 上。位於 G 群上的 QTL 與 OPK16 相距 4-6cM 呈緊密連鎖，可解釋的外表型變異量介於 36.8~75.8%之間，LOD 値爲 7.19~14.64，此 QTL 爲來自母本台農 69 號具抗性的對偶基因。而位於連鎖群 H 上的 QTL，在 GLM（General linear model）的單一因子分析時並沒有偵測到，故此 QTL 可能是虛無的。另一位於連鎖群 C 及 E 上的 QTL 對褐飛蝨的抗性則呈現超顯性遺傳現象。而 OPL9 標誌雖仍未歸屬於特定連鎖群，但因與其連鎖之抗蟲基因在三個年度均測得，所以 OPK16 及 OPL9 兩個分子標誌應能夠有效的應用於抗褐飛蝨育種，輔助進行早期世代的選拔，可省卻耗工的抗蟲檢定工作，提高育種效率。

關鍵詞：水稻、褐飛蝨、分子標誌。

前　言

褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* Stal, Brown planthopper (BPH))發生嚴重時會導致水稻完全乾枯致死，而輕度的危害亦會導致植株矮化、減少作物生長勢、穀粒不充實及降低產量等症狀，故爲亞洲種植水稻地區最嚴重的蟲害之一[3,8]。防治褐飛蝨的方法包括化學藥劑、改變施肥方式及抗蟲育種，最常見爲施用化學藥劑，但除增加生產成本外，在長期使用後對環境會造成嚴重的污染，並破壞生態平衡;而少施氮肥可減緩蟲害發生情況並兼顧生態環境[3,6,8,12]，但效果有限，且在考慮產量的因素下並非最恰當，所以育成具有抗蟲性的水稻品種，將是最根本且經濟的防治方法；台灣第一個稉稻抗蟲品種爲 1982 年嘉義分所推出台農 68 號，帶有 *bph2* 抗蟲基因，此後農試所及嘉義分所又分別育成帶有 *Bph3* 抗蟲基因的台農 69 號及 *Bph1* 抗蟲基因的台農 70 號，但以台農 69 號的中抗性較爲穩定，其抗性基因係自野生稻 *Oryza rufipogon* Griff 所導入[1,2,4]。

藉由分子標誌建立分子連鎖圖譜，加上利用與抗性基因連結的分子標誌輔助育種選拔(marker-assisted selection, MAS)或進一步選殖目標基因，爲目前分子育種學重要研究方向。就褐飛蝨而

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2129 號。接受日期：91 年 10 月 15 日。
2. 本所農藝組助理研究員、助理研究員和副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所嘉義分所植物保護系研究員兼系主任：臺灣省　嘉義市。
4. 台灣大學農藝系教授及助理教授。台北市。
5. 通訊作者，電子郵件：cgchern@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302806。

言，已有多個實例利用分子標誌進行抗蟲基因的篩選、定位及遺傳分析，像 1992 年 Jena *et al.*(16)以種間雜交的 BC_2F_8 進行基因定位，發現在第 4 條染色體上有三個標誌與抗褐蝨基因連鎖，第 12 條染色體則有一個標誌與抗性有關。Ishii *et al.* (1994)(15)亦利用 RFLP 標誌在種間雜交後代找到第 12 條染色體上與抗性基因相距 3.68cM 的 RG457，以及第 10 條上與抗性基因相距 9.96cM 的 CDO98。如此近的連鎖對於利用 MAS 轉移抗性基因至其它優良品系，或選拔雜交後代分離品系是相當有用的。

1997 年 Huang *et al.* (10)利用秈稉雜交的雙單倍體(double haploid，DH)後代爲材料，亦找到位於第 12 條染色體來自 IR64 的抗性基因 *Bph-1*，此可能與野生稻 *O. australiensis* 中的 *Bph-10(t)*爲同一對偶基因。Alam 及 Cohen(7) 同樣使用秈稉雜交的 DH 後代進行抗蟲性的數量性狀基因座(Quantitative trait loci, QTL)分析，結果發現在 6 條染色體上，共有 7 個 QTL 與抗性相關，而每個 QTL 所能解釋的外表型變異介於 5.1~16.6%之間。1999 年 Jeon *et al.*(17)利用 RAPD 標誌找到與抗性基因相連結的 OPD-7 之 700bp ，故進一步將此片段轉換爲 SSR 標誌進行定位，確認此 700 bp 標誌與 *Bph-1* 基因共同位在第 12 條染色體上，與 *Bph-1* 緊密的連鎖。Huang *et al.*(11)利用種間雜交 F_2 後代進行測定，結果顯示在第 3、4 條染色體上各帶有抗蟲基因，並確認此兩個基因與先前研究的 10 個抗褐飛蝨基因中的 9 個不同。2002 年 Xu *et al.*(19) 以秈　雜交的重組合自交系爲材料，結果顯示 7 個 QTLs 與抗蟲性相關，而此 7 個 QTLs 分別位於第 1、3、5、8 及 11 條染色體上，可解釋的遺傳變異量爲 3.3-16.9%。

因此本試驗之目的，即希望在育種程序上能有效的結合分子生物技術，尋求與抗蟲基因連結的分子標誌，以間接或直接定位抗性基因，可在早期世代來輔助抗蟲育種選拔，縮短育種年限，並節省抗蟲檢定工作，提高育種效率。

材料與方法

供試材料

台農 69 號(TNG69)與越光(KHK)雜交後代之 160 個 $F_{2:4}$品系，其中母本台農 69 號爲　稻品種，具有野生稻 *O.rufipogon* 基因，可抗褐飛蝨 1、2、3 種生物小種及白背飛蝨。父本爲越光，係自日本引進之　稻良質米品種。試驗年期：2000 年第 2 期作及 2001、2002 年第 1 期作共三個期作。

檢定圃設置於農業試驗所嘉義分所，由植物保護系協助進行檢定。將供檢品種(系)種子播種於檢定盤，每盤播種 72 品種(系)，並含抗蟲品種 Mudgo、H105 及感蟲對照品種台中在來 1 號，待秧苗發育至 3 葉期，移置於溫室檢定槽，然後將經人工大量繁殖之飛蝨若蟲(2－3 齡)釋放於秧苗，釋放密度約爲每秧苗 2－3 隻蟲，待感蟲對照品種被害枯萎時，開始按其被害情況分級記錄，等級的劃分以國際稻米研究所(International Rice Research Institute, IRRI)訂定的標準爲依據。而以三年度綜合資料進行卡方(χ^2)分析的遺傳測定，當三年資料有差異時記錄較嚴重等級，如第 102 品系三年的蟲害反應分別爲 5，7，5 時，登記爲 7 等級。褐飛蝨抗性調查標準如下列：

0 級：極抗(HR)，無被害徵狀

1 級：抗(R)，被害徵狀極爲輕微

3 級：抗(R)，大部份植株第 1 及第 2 葉片部份黃化

5 級：中抗(MR)，植株明顯黃化及矮化或約 10~25%之植株枯萎

7 級：感(S)，1/2 以上植株枯萎或死亡，其餘植株嚴重矮化或即將死亡

9 級：感(S)，全部植株枯死

試驗方法

DNA 萃取及分子標誌篩選參照黃等(2001)(5)發表之方法。抗褐飛蝨相關基因之定位使用 SAS-GLM 程式篩選與抗蟲性狀相關之分子標誌(SAS Institute 1990) (18)，再利用 Mapmaker-QTL 程式進行抗蟲相關基因之定位及遺傳分析 (14)。

結 果

抗蟲性之遺傳變異分析

經由綜合三年抗蟲檢定資料變方分析的結果顯示(表 1)，160 個 $F_{2:4}$ 衍生品系之間抗蟲性呈現極顯著的差異(P=0.0001)，年度之間則呈現顯著的差異(P=0.0241)，另在品系與年度的交感也呈極顯著差異(P=0.0001)。而在綜合觀察三個年度 160 個 F_2 衍生品系抗蟲反應(圖 1)，其中 8 個衍生品系之幼苗有極輕微的被害徵狀被劃分爲第一級(抗)，21 個衍生品系以及具抗性的親本台農 69 號，其葉片呈現部分黃化劃爲第三級(抗)，13 個衍生品系植株明顯黃化或少部分植株枯萎則評爲第五級(中抗)(因三年資料有差異的品系多數爲介於五與七等級，一般劃爲第七級，造成綜合資料中第五等級的品系數較少)，而感蟲受到危害而使植株嚴重矮化或即將死亡的第七級有 40 個衍生品系，另有多達 78 個衍生品系以及感病親本越光，其植株全部枯死爲最嚴重第九級。若以第一、三、五等級列爲抗蟲，第七、九等級列爲感蟲，即將所有 160 個 F_2 衍生品系資料分爲抗、感兩等級來進行卡方分析的遺傳測定，由於觀測值只區分抗、感兩項所以自由度爲 1，需作卡方分析的連續性矯正(χ_c^2)，其測定結果符合 3：1 的感蟲：抗蟲分離比(χ_c^2＝0.133，P＝0.70-0.80)，顯示台農 69 號中來自野生種的抗性基因可能爲一對隱性主效基因(major gene)所控制(表 2)。160 個衍生品系三個年度個別反應如圖 1，此 F_2 衍生品系在三年度對褐飛蝨反應頻度分佈均呈現非常態分佈，第一、二年偏向於感病的父本越光，第三年則呈現雙峰分佈；另在第一年有 11 個、第二年有 13 個、第三年有 37 個品系的抗蟲性高於台農 69 號，呈現越親分離(trangressive segregation)。而藉由綜合變方分析所估算出的廣義遺傳率(h^2_B)爲 73.9% (表 1)，亦支持可能爲主效基因控制抗蟲性之推論。

分子標誌遺傳連鎖圖譜之建立

本試驗由篩選得到 135 個有效性的 DNA 分子標誌，其中包括了 78 個 RAPD、12 個 SSLP、4 個 ISSLP、2 個 STS 及 3 個 SSLP＋STS 分子標誌，構建了一個包含 13(A~M)個連鎖群的稉型稻分子圖譜(資料未顯示)，另有 36 個分子標誌無法進行連結，而整個分子圖譜長度爲 1400cM，每兩個相鄰標誌的區間平均爲 14.7cM，符合理想的分子圖譜間距(20cM 以內); 然已知栽培種水稻具有 12 對染色體，可知仍有一對染色體之分子標誌連鎖圖仍無法連結。所以若能在後繼續篩選有效分子標誌，填補區間較大之片段，當能更提高此一 型稻分子圖譜的利用效率。

表 1. 水稻台農 69 號 ×越光之 160 F_2 衍生品系在不同年度之褐飛蝨抗性綜合變方分析表

Table 1. The combined ANOVA of resistance to brown planthopper for 160 F_2-derived lines of rice TNG69×KHK population

Source of variation	df	MS	EMS	F	Pr＞F
Years (Y)	2	288.654		14.44	0.0289
Replication (R)/Y	3	19.988			
Lines (L)	159	25.288	$M1=\sigma^2_e+R\sigma^2_{ge}+RY\sigma^2_g$	6.98	0.0001
L×Y	318	6.593	$M2=\sigma^2_e+R\sigma^2_{ge}$	1.82	0.0001
Error	477	3.621	$M3=\sigma^2_e$		

σ^2_e=M3=3.62; σ^2_{ge}=M2-M3÷R=1.49; σ^2_g =M1-M2÷R.Y=3.12; σ^2_{ph}=M1÷R.Y=4.21; $h^2_B=\sigma^2_g\div\sigma^2_{ph}$=0.739

表 2. 水稻台農 69 號×越光之 F_2 衍生品系之感蟲及抗蟲個數比值的卡方適合度分析測定

Table 2. The chi-square test for goodness of fit to the ratios of susceptible to resistant lines in 160 $F_{2:4}$ lines from rice TNG69 × KHK

Observed values			Expected ratio	x^2_c(value)	P value
Susceptible lines	Resistant lines	Total			
118	42	160	3:1	0.13	0.80-0.70

抗褐飛蝨基因的分子圖譜定位

藉由 Mapmarker-QTL 程式[14]分析後結果列於表 3，無論是分別第一、二、三年度或綜合三年度資料，都顯示在此雜交 $F_{2:4}$ 衍生品系中，對褐飛蝨的抗性係由 1~2 個左右的主效基因控制，其在分子連鎖圖上的位置如圖 2 所示，主要分佈於連鎖群 C、E、G 及 H;表 3 中，每個標誌區間所能解釋的抗褐飛蝨遺傳變異量(R^2)，除了第三年在 OPK16~R736 及綜合年度的 R309-2~R309-3 兩標誌區間爲 36.8% 及 37.6%外，其餘 10 個標誌區間所都能解釋 46.5%以上的遺傳變異量，像在第一年有三個標誌區間，R217-1~R672 及 OPD17~R170 二個位於 C 連鎖群上，個別解釋的遺傳變異量分別爲 68.9 及 74.7%，其爲來自感病的父本越光，所以 F_2 個體在具有此 DNA 條帶時，即基因型是 A_2A_2 時感蟲性分別爲 7.61 及 8.47，而無此條帶的 F_2 個體即基因型是 A_1A_1 時分別爲 8.05 及 7.28，兩種同質結合體的基因型均爲感蟲性較嚴重，只有在異質結合體時(A_1A_2)有較高的抗蟲性，A_1A_2 分別爲 3.50 及 3.58，呈現超顯性遺傳現象。另位於 G 連鎖群上的 OPK16~R736 區間，在第一、二、三年及綜合年度均出現，爲來自具抗性的母本台農 69 號，具有此條帶的 $F_{2:4}$ 品系的抗蟲性均較高(基因型爲 A_1A_1)，而不具此條帶的品系(基因型爲 A_2A_2)抗蟲性較低。像第一年 A_1A_1 爲 3.29，A_2A_2 爲 8.24，第二年 A_1A_1 爲 3.02，A_2A_2 爲 8.12，第三年 A_1A_1 爲 2.21，A_2A_2 爲 7.96，在綜合年度資料 A_1A_1 爲 3.11，A_2A_2 爲 5.79，而異質結合體則呈現較高的感蟲性(三年的 A_1A_2 分別爲 6.68、7.71 及 8.10)，此亦証明抗性基因應爲隱性;另其 LOD 值在三年資料及綜合分析亦分別高達 7.19、11.32、9.15 及 14.64，此區間爲抗蟲表現較爲穩定之 DNA 片段；在以純系爲目標之水稻育種，此一基因對抗蟲性有重要影響。第二年參試族群所測得的五個標誌區間中，位於連鎖群 C 及 G 上的 R217-1~R672、OPD17~R170 及 OPK16~R736 三個標誌區間均與第一年測定相同，另外二個分別位於連鎖群 E 及 H 上的 R217-2~R134 及 R309-3~R769-1 標誌區間，雖然有 66.5 及 47.1%的外表型解釋變異量，但只在這一年出現，故此兩個來自越光的 DNA 片段對褐飛蝨抗性反應

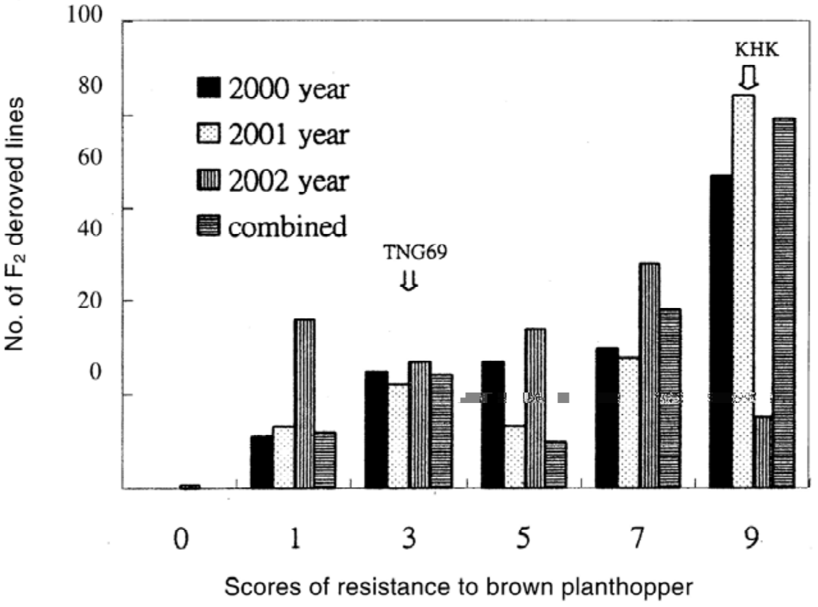

圖 1. 水稻台農 69 號×越光之 160 個 $F_{2:4}$ 衍生品系的抗蟲等級分佈圖。

Fig.1. Frequency distribution of $F_{2:4}$ –derived lines of rice TNG69×KHK resistant to brown planthopper in different years.

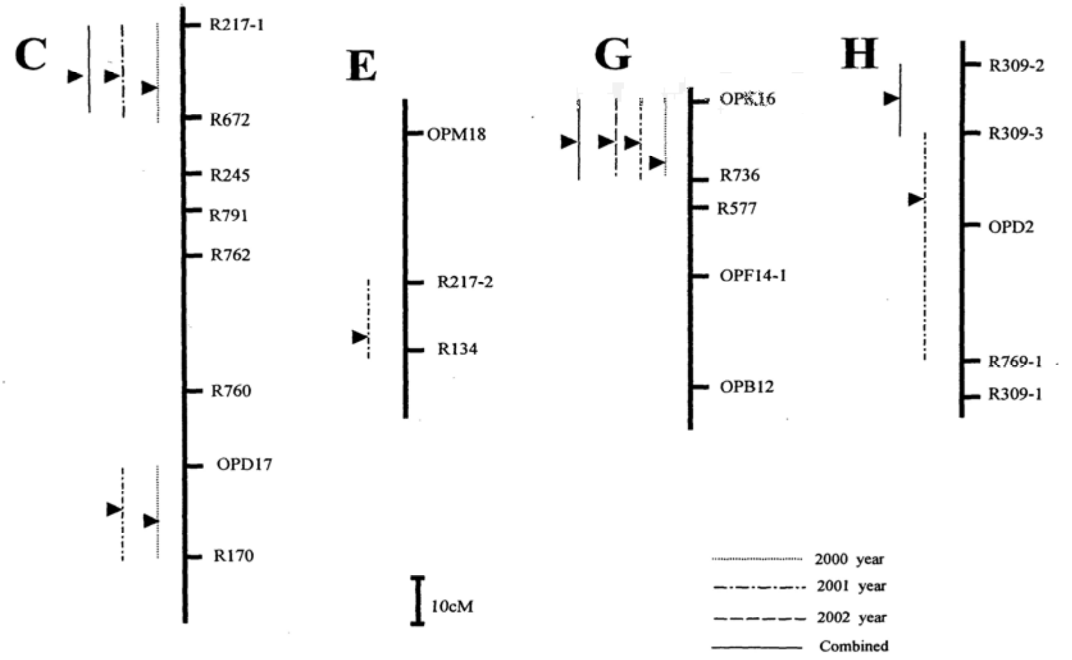

圖 2. 控制褐飛蝨抗性基因在分子標誌連鎖群之位置。

Fig.2. Locations of QTL controlling brown planthopper resistance for the TNG69 x KHK population. The straight lines and arrows beside the linkage groups show the confidence intervals and locations of the detected QTL, respectively.

表 3. 與褐飛蝨抗性呈顯著連鎖之標誌區間

Table 3. Intervals significantly associated with variations of brown planthopper resistance

Interval	Linkage group	R^2 (%)	LOD value	Mean of QTL genotypic classes A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2	Parental contrib.
1st year							
R217-1~R672	C	68.9	4.88	8.05	3.50	7.61	KHK
OPD17~R170	C	74.7	6.92	7.28	3.58	8.47	KHK
OPK16~R736	G	46.5	7.19	3.29	6.68	8.24	TNG69
2nd year							
R217-1~R672	C	79.0	11.96	8.00	2.74	8.06	KHK
OPD17~R170	C	80.2	9.33	7.79	2.93	7.34	KHK
R217-2~R134	E	66.5	7.14	5.67	8.07	2.81	KHK
OPK16~R736	G	70.6	11.32	3.02	7.71	8.12	TNG69
R309-3~R769-1	H	47.1	3.08	6.37	7.78	2.66	KHK
3rd year							
OPK16~R736	G	36.8	9.15	2.21	6.60	7.96	TNG69
Combined							
R217-1~R672	C	79.9	11.03	8.36	3.23	8.23	KHK
OPK16~R736	G	75.8	14.64	3.11	8.10	5.79	TNG69
R309-2~R309-3	H	37.6	2.20	7.10	8.06	3.23	KHK

的表現是容易受到環境因素所影響，具有此 DNA 片段的 F_2 植株體較易受到蟲害的危害(A_1A_1 蟲害反應等級分別爲 5.67 及 6.37)，而不具此 DNA 片段的 F_2 植株較能抗蟲(A_2A_2 蟲害反應等級分別爲 2.81 及 2.66)。而在綜合三年資料的分析中有三個與抗蟲性相關的標誌區間存在，除前述的 OPK16-R736 在 2000、2001 及 2002 共三年的測定均出現過外，其中 OPD17~R170 及 R217-1~R672 區間的片段亦在第一、第二兩年中均出現，故此在綜合年度測得的三個標誌區間亦爲褐飛蝨抗性表現穩定之 DNA 片段。

而爲進一步確認與抗蟲性相連結的分子標誌，我們利用 SAS-GLM 的單一因子變方分析資料[18]來比對前述資料，在 135 個有效性標誌中，找到 16 個與抗蟲性呈極顯著相關的標誌及 1 個(R577)顯著相關的分子標誌(表 4)，其中 OPK16、R736、R577、OPF14-2 及 OPB12 五個分子標誌分別位於相同連鎖群上，在第一、二、三及綜合年度都表現出相關性，利用 Mapmaker-QTL 測定時，LOD 值的高峰表現在與 OPK16 相距 4~6cM 處(圖 2)；可知此位置存在一 QTL，且對抗性之影響甚大。另外 C 連鎖群的 R170 標誌，雖在區間測定時，在第一、二及綜合年度都表現，但在此只表現在第一年，且同一連鎖群上的其它標誌都沒有相關性;另外分別位於 E 群上的 R775、R217-2 及 OPD7，I 群上 Rm253-2，J 群上的 R596 及 M 群上的 R826，都只有在一或二年組資料中出現，且在 Mapmaker-QTL 分析時均沒有出現，故可知這些分子標誌離抗蟲基因座較遠，或與其連鎖之基因易受環境影響。而 OPL9 標誌雖然尚無法在連鎖群上定位，但其在三年的四組分析資料中都呈現極顯著的相關，故仍可利用在抗蟲性的標誌輔助選拔上。

討　　論

由多年度資料之分子標誌與褐飛蝨抗性相關分析結果，顯示此 F_2 衍生品系中與抗蟲性相關的基因是位於 G 連鎖群上，與 OPK16 分子標誌緊密的連鎖，可能爲一具主效作用的 QTL，而同樣位於 G 連鎖群的 R736、R577、OPF14-1 及 OPB12 的分子標誌，亦可測得此 QTL 與其連鎖，在綜合年度的 SAS-GLM 分析下均與抗蟲性呈極顯著的相關(表 2、3 及圖 2)，故此五個分子標誌，具有利用分子標誌輔助選拔抗蟲品種之潛力。另在圖 2 顯示連鎖群 C 之 R217-1~R672 及 R170~R205 兩標誌區間，也

表 4. 在不同年度測得與褐飛蝨抗性連鎖之 DNA 標誌

Table 4. DNA markers associated with QTL controlling resistant to brown planthopper in different years

Marker	1^{st} year Pr<p	2^{nd} year Pr<p	3^{rd} year Pr<p	Combined Pr<p	Linkage Group
R170	0.0041	------	------	------	C
R775	------	------	0.0041	------	E
R217-2	------	------	0.0001	------	E
OPD7	------	------	0.0020	------	E
OPK16	0.0005	0.0062	0.0001	0.0076	G
R736	0.0009	0.0001	0.0001	0.0008	G
R577	0.0106	0.0188	0.0077	0.0080	G
OPF14-2	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001	G
OPB12	0.0014	0.0028	0.0001	0.0023	G
Rm253-2	------	0.0030	------	0.0318	I
R596	------	------	0.0001	------	J
R826	------	------	0.0064	0.0030	M
OPL9	0.0083	0.0011	0.0037	0.0004	Unlinked
R51	0.0088	------	------	------	Unlinked
R9-7	------	0.0024	------	------	Unlinked
R541	------	------	0.0052	------	Unlinked
OPF17	------	------	0.0001	------	Unlinked

在第 1、2 年及綜合年度分析中穩定的出現，此 DNA 片段是來自感蟲的親本越光(表 3)，但此標誌在表 4 的 SAS-GLM 分析中只有 R170 在第一年的測定出現，另 C 群上在圖 2 呈現相關的 R217 至 R672 在表 4 中均無顯著的連鎖關係，所以 C 群上的 R217-1~R672 及 OPD17~R170 可能爲虛無 QTL(false QTL)，C 群上的四個標誌並不適合於輔助選拔，故就本試驗結果而言，G 群上的 OPK16、R736、R577、OPF14-1 及 OPB12 及未知位置但呈極顯著連結的 OPL9，共六個 RAPD 分子標誌可利用於水稻抗褐飛蝨之育種輔助選拔上。或若爲求得較穩定或較有效率之分子標誌分析，可將此些有效的分子標誌定序轉化爲 SCAR (Sequence characterized amplified region) 之共顯性的分子標誌。

全世界對於水稻抗褐飛蝨之遺傳研究始於 1971 年，至 1994 年時已有 5 個顯性 (*Bph 1*、*Bph 3*、*Bph 6*、*Bph 9* 及 *Bph10*) 與 5 個隱性 (*bph 2*、*bph 4*、*bph 5*、*bph 7* 及 *bph 8*)，共 10 個抗性基因被命名[8,10,11,12,15]，其中定位了八個基因（*bph8* 及 *bph9* 未知染色體位置），但至今仍是只有這 10 個被命名的基因(Oryzabase Network, 2002 年 10 月),可見在褐飛蝨的抗蟲育種進行的不易及褐飛蝨生物小種(biotype)變化的複雜性，台農 69 號的抗性基因係來自野生稻 *O. rufipogon*，可抗褐飛蝨 1、2、3 生物小種[4]。在農業試驗所早期的研究指出，所育成的抗蟲品系中，來自 *O. rufipogon* 的抗蟲性爲一對顯性，並推測可能爲 *Bph3* 基因[3]，但在本試驗的遺傳分析結果，顯示抗性是受到隱性主效基因所控制，由此可瞭解 *O. rufipogon*，其抗蟲機制可能較爲複雜，且顯隱性遺傳控制均有。另外台農 69 號的抗蟲性並非單純的來自 *O. rufipogon* 而已，有可能其它的親緣亦提供了抗蟲相關的染色體片段。

在目前已發現的 5 個隱性抗蟲基因 *bph2*、*bph4*、*bph5*、*bph7*、*bph8* 中，*bph5* 和 *bph7* 已被証實是不能抗褐飛蝨 1、2、3 三種生物小種，只能抗生物小種 4 [13]；而 *bph*2 基因,其抗性爲主效基因與數個微效基因所共同控制，能抗生物小種 1、2 型，但不抗第 3 型的生物小種[8]；由此可知 *bph2*、*bph5* 及 *bph7* 與台農 69 號中能抗三種生物小種的抗性基因不同，所以本試驗測得的基因是否與同樣能抗 1、2、3 型生物小種的 *bph4*(位於第 10 條染色體)，或 *bph8* 其中的一個，抑或是另一個新基因，有待進一步探討。另在最新的研究指出[19]，由一秈稉雜交族群定位出的褐飛蝨抗性，因其爲數量性狀，且抗性親本爲秈稻品種，故與本試驗中的隱性主效基因抗性應該是不同。而尤(1996)[1]利用台農 67 號的四個誘變品系，進行水稻抗褐飛蝨分子標誌之篩選與選殖，結果顯示原不具抗性的台農 67 號經疊氮化鈉(NaN3)誘變後，其產生的抗蟲性爲單一顯性基因所控制，可知亦與本試驗台農 69 號之抗性不同，且其與本試驗有相同使用的 480 支 RAPD 引子，但篩選到的 20 支多型性引子中在兩試驗完全不同，顯見兩套材料的抗性是不同的。

在育種選拔過程中，利用與抗褐飛蝨基因緊密連結的分子標誌，輔助選育具抗蟲性且產量穩定的水稻品種，可避免繁鎖之抗病性檢定，及同時篩檢多個抗病基因之效果，爲分子標誌在育種利用上的首要功能;此外亦可進一步在染色體上選殖抗蟲基因的 DNA 片段，供基因轉殖之應用。然而若能應用分子標誌對水稻種原進行抗蟲性基因型的評估及鑑定，並把抗性與其他優良農藝性狀結合，對水稻育種將有長期之貢獻。

引用文獻

1.尤淑娟。1996。水稻抗褐飛蝨分子標誌之篩選與選殖。國立中興大學農藝學系碩士論文。

2.台灣稻作品種圖誌。1987。稉稻 P.221-222。行政院農業委員會、台灣省政府農林廳及亞太糧肥技術中心合編。

3.台灣稻作發展史。1999。稻之遺傳及細胞遺傳研究。P.65-85。台灣南投。台灣省政府農林廳發行。

4.黃眞生、卜瑞雄、陳正昌、鄭清煥。1985。水稻台農 69 號之育成。中華農業研究 34:125-134。

5.黃惠娟、林順福、謝兆樞。2001。利用 DNA 分子標識確認落花生種間雜交種（4X×2X）基因組組成與外表型變異間之矛盾性。中華農業研究 50:12-24。

6.鄭清煥。1975。作物抗蟲現象及其在害蟲防除上之利用價值。植物保護學會會刊 17:81-98。

7.Alam, S.N. and M.B. Cohen. 1998. Detection and analysis of QTLs for resistance to the brown planthopper, Nilaparvata lugens, in a doubled-haploid rice population. Theor. Appl. Genet. 97:1370-1379.

8.Athwal, D.S., M.D. Pathak, E.H. Bacalangco, and C.D. Pura. 1971.Genetics of resistance to brown planthopper and green leafhoppers in *Oryza sativa* L. Crop Sci.11:747-750.

9.Brar, D. S. and G. S. Khush. 1997. Alien introgression in rice. Plant Mol. Bio. 35:35-47.

10.Huang, N., A. Parco, T. Mew, G. Magpantay, S. McCouch, E. Guiderdoni, J. Xu, P. Subudhi, E.R. Angeles, and G.S. Khush. 1997. RFLP mapping of isozymes, RAPD and QTLs for grain shape, brown planthopper resistance in a double-haploid population. Mol. Breed. 3:105-113.

11.Huang,Z., G.He, L.Shu, X.Li, and Q.Zhang. 2001. Identification and mapping of two brown planthopper resistance genes in rice. Theor. Appl. Genet. 102:929-934.

12.Khush, G. S.1989. Multiple disease and insect resistance for increased yield stability in rice. pp 79-92. in: Progress in Irrigated Rice Research. International Rice Research Institute, Manila, The Philippines,

13.Ikeda, R. and D.A. Vaughan. 1991. The distribution of resistance genes to the brown planthopper in rice germplasm. Rice Genetics Newsletter 8: 125-128.

14.Lander, E.S. and D. Botstein, 1989. Mapping Mendelian factor underlying quantitative traits using RFLP maps. Genetics 121:185-199.

15.Ishii, T.D., S. Brar, D.S. Multani, and G.S. Khush. 1994. Molecular tagging of genes for brown planthopper resistance and earliness introgressed from *Oryza australiensis* into cultivated rice, *O. sativa*. Genome 37:217-221.

16.Jena, K.K., G.S. Khush, and G. Kochert.1992.RFLP analysis of rice (*Oryzae sativa* L.) introgression lines. Theor. Appl. Genet. 84:608-616.

17.Jeon, Y.H., S.N. Ahn, H.C. Choi, T.R. Hahn, and H.P. Moon. 1999. Identification of a RAPD marker linked to a brown planthopper resistance gene in rice. Euphytica. 107:23-28.

18.SAS Institute.1990. SAS Procedures Guide Release,6.04 version. SAS Institute, Gary N.C.

19.Xu, X.F., H.W. Mei. L.J. Luo, X.N. Cheng, and Z.K. Li. 2002. RFLP-facilitated investigation of the quantitative resistance of rice to brown planthopper (*Nilaparvata lugens*). Theor. Appl. Genet. 104:248-253.

20.Yadav, R., B. Courtois, N. Huang, and G. McLaren. 1997. Mapping genes controlling root morphology and root distribution in a double haploid population of rice. Theor. Appl. Genet. 94:619-632.

Screening Molecular Markers Iinked with Genes Resistant to Rice Brown Planthopper [1]

Huey-Jiuan Huang[2], Chang-Pei Li[2], Chyr-Guan Chern [2,5], Ching-Huan Cheng[3], Jaw-Shu Hsieh[4] and Shun-Fu Lin[4]

Summary

To detect genes associated with resistance to rice brown planthopper (BPH), linkage map of *japonica* rice constructed by 160 $F_{2:4}$ lines of TNG 69 x Koshihikari population and 135 molecular markers were used. According to the combined analysis of variance across years, the estimated broad sense heretability (h^2_B) of resistance to BPH was 73.9%. From the phenotypic data investigated in three years, five major quantitative trait loci (QTL) related to resistance to BPH were detected. Two detected QTL were located on linkage group C, and the others were distributed on linkage groups E, G, and H respectively. The QTL located on linkage group G contributing 36.8%~75.8% phenotypic variation was detected with 7.19~14.64 LOD values and was closely linked with OPK 16 marker within 4-6 cM. This QTL contributed a recessive allele resistant to BPH from male parent TNG69. The QTL on linkage group H was not detected from single point (General linear model, GLM) test implying a likely inaccurate detection. While the detected QTL on linkage groups C and E had overdominance inheritance for the resistance to BPH. A chromosome region linked to marker OPL9 was detected significantly related resistance to BPH in three years. As a result, the OPK16 and OPL9 markers are useful tools to be applied in marker-assisted-selection (MAS) for varieties resistant to BPH.

Key words： Rice (*Oryzae sative*), Brown planthopper, Molecular marker.

---

1. Contribution No.2129 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : October 15, 2002.
2. Assistant Agronomist, Assistant Agronomist and Associated Agronomist, Respectively. Department of Agronomy, TARI., Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Senior Entomologist and Chairman, ChiaYi Agricultural Experiment Station, TARI, ChiaYi. Taiwan, ROC.
4. Professor and Assistant Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University. Taipei, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: CGChern@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(4):28~36(2002)

栽培季節對落花生品種間莢果黑斑病之影響 [1]

楊金興 [2,5]　曹文隆 [2]　謝光照 [2]　何千里 [2]　蔡志濃 [2]　林俊義 [3]　曾富生 [4]

摘要：以 20 個落花生品種(系)，連續 2 年 4 期作在農業試驗所之農場進行試驗，以探討栽培季節對落花生品種間莢果黑斑病之影響。結果顯示莢果黑斑病罹病度極容易受品種、年度及期作之影響；感病及中等抗病的品種(系) 會因連續栽培而增加莢果黑斑病罹病度之趨勢，而較抗病之品種(系)影響較小；期作間之相關只有秋作與其後之期作間具顯著相關性；外表型相關，只有在春作莢果黑斑病罹病度與葉斑病呈顯著正相關，而與莢果及籽粒產量則呈顯著負相關。

關鍵詞：落花生、栽培季節、莢果黑斑病。

前　　言

落花生莢果黑斑病是世界上落花生栽培地區普遍但零星發生的病害，不只減少產量亦影響品質，可造成 15-20%的產量損失[13]。此病害因不同地區、季節、栽培品種、病原菌及栽培環境條件而異[35]。一般認爲主要的病原菌爲 *Pythium myriotylum* Drechs., *Rhizoctonia solani* Kühn, 及 *Fusarium solani*(Mart.)Sacc.等所引起[13,27]，但不同地區有不同的主要病原菌，例如利比亞主要由 *F. solani* 及其它 *Fusarium* spp. 所引起，在以色列則以 *F. solani* 及 *P. myriotylum* 爲主[14]。其他如 *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Sclerotinia sclerotirum* (Lib.) d By., *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr 等也會造成黑斑病[27]。莢果黑斑病還與其他許多土壤病原菌有密切關係[17,18,25]，而且根瘤線蟲[29]、根　及地下害蟲[32]也會增加病害的發生及傳播。在臺灣亦發現主要由 *P. myriotylum, R. solani, F. solani* 及 *S. rolfsii* 所引起[2,3,4]。不過，最近在美國 North Carolina 發現雖然從 1979 年起每年施用 1 噸/公頃的硫酸鈣及改善栽培管理，明顯減少莢果黑斑病，但自 1990 年起莢果黑斑病的發生，其主要病原菌卻有所不同[22]，可見莢果黑斑病的複雜性。

由於引起落花生莢果黑斑病之主要病原菌對環境氣候喜好不同，*P. myriotylum* 最適合發病溫度在土溫 34-37℃且連續幾天的土壤潮濕[26]；*R. solani* 其適溫在 19-36℃[23]；*F. solani* 喜好乾旱季節，土壤溫度低，酸性土壤[16]；*S. rolfsii* 喜好高溫多濕，對土壤 pH 值之適應範圍很廣。因環境不同病原菌適應性不同，病害發生因季節性而有差異[1,24,36]，病原菌之致病力亦受影響[12]。台灣落花生栽培有春作及秋作，其氣候差異大，因此了解莢果黑斑病在不同期作發生之變異在栽培上爲一重要問題。

落花生植株及莢果等遺留田間亦會增加病害[36]，常造成 *R. solani*(AG-4)的重要病源[6,7]，且影響下期作物之生育及幼苗死亡，遺留之莢果比根莖葉影響還大，此因莢果含高量的纖維素(48.5％)及木質素(28.7％)適合 *R. solani* 的感染，莢殼分解緩慢，病原菌存活較久[7]；尤其感病品種莢果上病原菌更多，

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2130 號。接受日期：91 年 11 月 22 日。
2. 本所農藝組助理研究員、助理研究員、副研究員、助理研究員及植病組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所所長。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4. 國立中興大學農藝系兼任教授。臺灣省　臺中市。
5. 通訊作者，電子郵件：yangkh123@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302806。

影響更大[6]。而病害發生常與植物分泌物有關，誘發發芽及大量繁殖[30]。雲林縣為台灣落花生主要栽培區，長年栽培落花生，主要以栽培種台南 11 號單一品種為主，栽培已近 15 年，農民通常將落花生殘株直接耕犁入土壤中，且常有連作栽培之情形，是否與目前常發生莢果黑斑病有關，並無調查報告。因此本試驗的目的在探討：抗病品種(系)與感病品種(系)在連續栽培下的抗感病性反應；期作間的影響；莢果黑斑病與其他農藝特性間的相關。以作為將來育種及栽培之參考。

材料與方法

落花生 20 個品種(系)為材料(表 1)

從 1998 年秋作起，連續二年四期作播種於農業試驗所農場之同一試驗田，其土壤質地為砂質土；播種前施用台肥複合肥料 39 號(N:P2O5:K2O=12:18:12)每公頃 400 公斤，以曳引機耕犁作畦後播種，種子發芽出土前噴施殺草劑(34%施得圃乳劑)，出土後視需要追加萌後殺草劑(三合一殺草劑:環殺草+本達隆+亞喜芬)一次以防除雜草，生育期間視需要灌溉 2~3 次及噴施殺蟲劑(加保利及萬靈)1~2 次，不噴殺菌劑。田間試驗採逢機完全區集設計，三重複，2 行式作畦栽培，畦寬 90cm，畦面 45cm，行長 3m，株距 10cm，每品種 2 畦。第 1 畦逢機取樣 10 株調查農藝特性及莢果黑斑病，另 1 畦做為產量估算。

性狀調查

莢果黑斑病、株高、節長(株高/節數)、落葉率(主莖落葉數/主莖節數 4 小葉)100%、子房柄長(第二分枝第二節之子房柄)、葉部病害(銹病、葉斑病)、倒伏、莢殼厚度、莢果產量、籽粒產量等共 10 性狀。莢果黑斑病罹病度依其黑斑面積佔全部莢果面積之比例，分五級，指數 n0 表示無黑斑之莢果數，n1 表示<25%黑斑之莢果數，n2 表示≧25%至<50%黑斑之莢果數，n3 表示≧50%至<75%黑斑之莢果數，n4 表示≧75%黑斑之莢果數，並依下列公式計算莢果黑斑病罹病度：

黑斑病罹病度(%)=(n0×0 + n1×1 + n2×2 + n3×3 + n4×4)(N(總莢果數)×4)×100%

表 1. 供試落花生品種(系)之植物型及來源
Table 1. The botanical types and origins of tested peanut varieties (lines)

Variety	Botanical type	Origin
Tainan 11 (台南 11 號)	Spanish	Taiwan
Lichzyn (立枝仔返)	Virginia bunch	Taiwan
Tainung 6 (台農 6 號)	Spanish	Taiwan
85F-P1-32	Spanish	Taiwan
NY-43	Spanish	Taiwan
NY-44	Virginia bunch	Taiwan
SP-7	Spanish	USA
Toalson	Spanish	USA
VB-80	Virginia bunch	USA
VB-98	Virginia bunch	USA
VB-185	Virginia bunch	USA
VB-186	Virginia bunch	USA
VR-139	Virginia runner	USA
VA-55	Valencia	Peru
VA-220	Valencia	Peru
VA-221	Valencia	Brazil
VA-222	Valencia	Peru
VA-223	Valencia	India
PI365553	Virginia bunch	Honduras
PI341885	Spanish	Israel

統計分析

莢果黑斑病、落葉率等經 $\sin^{-1}\sqrt{x}$ 轉換後以 SAS 程式進行分析

(1)綜合變方分析，其數學模式爲：

$$Xhijk=\mu+Yh+Ci+(YC)hi+B(hi)j+Vk+(YV)hk+(CV)ik+(YCV)hik+Ehijk$$

μ：樣品總平均值　Y：年度效應　C：期作效應　B：區集效應

V：參試品種效應　YV：年度與品種交感效應

CV：期作與品種交感效應　YCV：年度、期作與品種交感效應

E：試驗誤差

(2)性狀間外表型及基因型之相關分析(表 2)。

結　果

由於落花生莢果黑斑病的發生，因品種及環境而有不同之反應，爲瞭解品種在期作間莢果黑斑病之抗感病性，從種原篩選獲得之抗感病品種(系)及引進之品種(系)，以栽培品種爲對照，在本所試驗田連續進行二年四期作的比較試驗。由綜合變方分析結果如表 3 所示，由表可看出年度、期作、年度 x 期作、品種、年度 x 品種、期作 x 品種及年度 x 期作 x 品種均呈極顯著效應，顯然落花生莢果黑斑病的發生，極容易受環境之影響，不同品種在不同期作會有不同的罹病度，年度間也會有所不同，因此抗病品種之抗病性須要較周詳之檢測，才能確定。

表 2. 品種間性狀之變方及變積之期望值

Table 2. The expected values of variance (σ^2) and covariance (cov) for variety characters

Source of Variance	df	Variance		Covariance	
		M.S.	Exp. of M.S.	M.P.	Exp. of M.P.
Block	r-1		----		----
Variety	s-1	M1	$\sigma_e^2+r\sigma_g^2$	COV_1	COV_e+COV_g
Error	(r-1)(s-1)	M2	σ_e^2	COV_2	COV_g

$\sigma_g^2=(M1-M2)/r$; $\sigma_p^2=\sigma_g^2+\sigma_e^2$; $COV_g=(COV1-COV2)/r$; $COV_p=COV_e+COV_g$; $r_{gxy}=COV_{gxy}/\sigma_{gx}*\sigma_{gy}$; $r_{pxy}=COV_{pxy}/\sigma_{px}*\sigma_{py}$

表 3. 落花生品種(系)莢果黑斑病之綜合變方分析

Table 3. The combined ANOVA of pod rot severity for varieties of peanut

Source	DF	MS	F Value
Year(Y)	1	17664.50	240.12**[z]
Crop(C)	1	397.83	5.40**
YxC	1	1435.70	19.51**
Block(B)	8	73.57	1.37
Variety(V)	19	1857.94	34.57**
YxV	19	1264.15	23.52**
CxV	19	376.18	7.00**
YxCxV	19	178.54	3.32**
Error	152	53.73	

[z] ** : Significant at 1% level.

因此分別進行各期作各品種之反應，結果如表 4 所示。在四個期作中，以 1999 年秋作的莢果黑斑病最嚴重，其罹病度從 3.0~91.6%之間，平均爲 30.78%；其次爲 2000 年春作，罹病度從 3.66~73.33%，平均爲 28.46%；而以 1998 年秋作最輕，罹病度從 2.00~27.66%，平均 8.73%。比較各期作品種之莢果黑斑病，在 1998 秋作平均爲 8.73%，以 VA221、VA220、Lichzyn、NY43 罹病度較輕，均小於 3.0%；以臺農 6 號、NY44 及 VR139 較嚴重，其罹病度均大於 20.0%。1999 春作平均爲 16.20%，以 VA221、VA220 及 NY44 較輕，均小於 10.0%；以國外引進之抗病品種 PI365553 最嚴重，爲 31.66%，其次爲台南 11 號之 24.33%。1999 秋作平均爲 30.78%，以 VB186、NY43、VA221 及 VB98 較輕，均小於 10.0%；以 SP7、NY44、VA222 及 VR139 較嚴重，均大於 60.0%。2000 春作平均 28.46%，以 VA221、VB186 及 NY43 較輕，均小於 10.0%；以 VA55、SP7 及 VA222 較嚴重，均大於 60.0%。從各品種之四個期作平均表現來看，VA221、NY43 及 VB186 三個品系的莢果黑斑病較輕，其罹病度分別爲 3.50、7.58 及 7.50%，而且期作間影響不大，尤其以 VA221 表現最優，四個期作在 2.0~6.0%之間，其餘二品系則在 1999 年春作表現稍差，均在於 15%左右。而國外引進之抗莢果黑斑病品系 PI365553、Toalson 及 PI341885 則表現中等，分別爲 19.41、17.00 及 14.75%，但均有一個期作大於 30%，顯然並不穩定。三個栽培品種台南 11 號、台農 6 號及立枝仔之罹病度，分別爲 18.83、28.75 及 18.33%表現中等；而三個感病品種 SP7、VA222 及 NY44 之罹病度分別爲 44.91、42.50 及 42.75%，期作間的表現差異很大，期作內之變異也很大。

表 4. 落花生品種(系)各期作莢果黑斑病之平均值

Table 4. The means of pod rot severity of peanut varieties in crop seasons

Variety	1998 F[z]	1999 S[y]	1999 F	2000 S	Mean
VA-221	2.00±0.58	2.33±0.33	6.00± 2.08	3.66± 0.67	3.50
VB-186	3.66±0.88	15.66±2.33	3.00± 1.15	7.66± 1.45	7.50
NY-43	2.66±0.34	15.33±2.68	4.66± 1.67	7.66± 1.45	7.58
VB-98	3.66±0.67	20.00±7.64	9.33± 0.67	16.66± 1.67	12.41
VA-223	6.66±1.66	20.00±2.89	15.66± 3.48	11.00± 2.08	13.33
VB-185	3.33±0.88	12.66±2.67	16.66± 4.41	23.33± 4.41	14.00
85F-P1-32	4.66±1.44	12.66±2.67	21.66± 4.41	18.33± 1.67	14.33
PI341885	5.33±1.45	13.66±3.18	30.00± 5.77	10.00± 0.33	14.75
VB-80	5.33±1.45	21.00±2.08	25.00± 7.63	12.66± 2.33	16.00
VA-220	2.33±0.33	9.33±2.96	30.00± 5.77	23.33± 3.33	16.25
Toalson	8.00±1.15	15.00±2.89	10.00± 1.16	35.00± 5.00	17.00
Lichzyn	2.33±0.33	12.66±3.71	21.66± 4.41	36.66± 3.33	18.33
Tainan-11	8.33±0.88	24.33±3.48	12.66± 3.71	30.00± 5.77	18.83
PI365553	7.66±1.45	31.66±6.01	21.66± 1.67	16.66± 1.67	19.41
Tainung-6	27.33±3.71	17.66±1.45	33.33± 4.41	36.66± 6.67	28.75
VR-139	21.66±4.41	21.00±2.08	60.00± 5.78	28.33± 4.41	32.75
VA-55	7.33±1.45	16.66±1.67	46.66±12.02	73.33± 6.67	36.00
VA-222	16.66±1.66	20.00±0.58	73.33± 8.82	60.00±10.00	42.50
NY-44	27.66±1.45	9.00±2.08	82.66±11.57	51.66± 9.28	42.75
SP-7	8.00±1.15	13.33±2.40	91.66± 1.67	66.66±12.02	44.91
Mean	8.73	16.20	30.78	28.46	21.04
LSD 5%	3.83	8.08	16.51	15.31	5.91

[z] F: Fall crop season.

[y] S: Spring crop season.

又計算所有參試品種(系)莢果黑斑病四個期作間的相關得如表5所示，顯示1998秋作與1999秋作及2000春作間，以及1999秋作與2000春作間均呈顯著相關，但1999春作與1999秋作及2000春作則不呈顯著相關，顯示品種在期作間莢果黑斑病的發生，似有秋作嚴重之品種，其後在春作及秋作栽培時也會較嚴重之趨勢。

計算莢果黑斑病與農藝性狀間的相關，結果如表6，在春作顯示莢果黑斑病與葉斑病呈顯著正相關，與莢果及籽粒產量呈顯著負相關，其餘則不顯著。在秋作莢果黑斑病與所有調查性狀間均不呈顯著相關。

討　論

落花生莢果黑斑病爲部份抗病性，受多基因控制，容易受環境之影響[9,11,21,34,38]。由本試驗結果顯示，參試品種(系)的莢果黑斑病罹病度極容易受年度及期作等環境之影響，但有三個品系罹病度較輕且不受年度及期作影響，將進一步進行接種鑑定，或可作爲雜交育種之親本。又比較栽培季節間之差異，一般較抗病的品系差異較小，而中等抗病性(10~20%)的品系則會因年度之增加而增加罹病的程度，此結果與 Godoy *et al.*[19]在溫室接種 *P. myriotylum* 與 *R. solani* 結果類似。因此以連續栽培方式進行抗病篩選似爲可行之道。

表 5. 落花生品種(系)莢果黑斑病期作間之相關係數

Table 5. The correlation among crop seasons for pod rot severity of peanut varieties

Crop season	1998 F[z]	1999 S[y]	1999 F
1999 S	0.1385		
1999 F	0.6221**[x]	-0.0515	
2000 S	0.4523*[x]	-0.0037	0.7749**

[z] F: Fall crop season.

[y] S: Spring crop season.

[x] *,** : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

表 6. 落花生品種(系)莢果黑斑病與農藝性狀間之外表型相關及基因型相關

Table 6. Estimates of phenotypic(r_p) and genotypic(r_g) correlation between pod rot severity and agronomic characters of peanut varieties

Character	Plant high	Length of node	Ratio of defoliation	Length of peg	Sick of shell	Rust	Leaf spot	Lodging scale	Pod yield	Seed yield
Spring crop										
(r_p) pod rot	0.0741	0.0304	0.0891	-0.1095	-0.3477	0.2838	0.4960*[z]	0.0138	-0.6921**[z]	-0.6620**
(r_g) pod rot	0.2577	0.1393	0.1179	-0.1507	-0.3894	0.3000	0.6336	0.0695	-0.7616	-0.7308
Fall crop										
(r_p) pod rot	-0.3067	-0.3079	-0.0669	0.1966	0.1023	-0.2370	-0.3002	-0.3750	-0.3534	-0.1907
(r_g) pod rot	-0.3964	-0.3573	-0.0448	0.1821	0.2145	-0.3579	-0.4767	-0.6718	-0.4119	-0.3221

[z] *,** : Significant at 5% and 1% levels, respectively, according to table 2 analysis.

前後年度及期作會影響病害發生之程度，而期作間氣候條件差異很大，到底春作或秋作影響較大，從期作間相關分析(表 6)可以看出期作間並無固定相關性或無相關性，但秋作影響程度則較大。

因造成落花生莢果黑斑病之四個主要病原菌對環境之喜好性又不同，例如 *P. myriotylum* 最適合高溫潮濕的土壤會增加病害，其流行病害是由溫度與濕度交互作用的結果[37]；*R. solani* 對落花生整個生育期均會發病，通常在植株基部侵害造成幼苗猝倒、枝條腐敗及莢果黑斑病，在灌溉及多肥田會增加病害而低溫會降低危害程度[10]；*Fusarium* spp.在乾熱季節最易侵害幼苗根部，造成萎凋，在乾燥環境亦能生長，而土壤溫度低時，孢子發芽快速，且喜好酸性土壤[16]；*S. rolfsii* 喜好高溫多濕，常造成植株基部腐敗，對土壤 pH 值之適應範圍很廣，一般喜愛酸性土壤[28]。環境因素影響病原菌密度而影響罹病度[33]，環境也影響寄主的抵抗力以及病原菌之活性及致病力[8,12]；連作田 *Fusarium* spp.密度快速增加，落花生莢果黑斑病更爲嚴重[16]。台灣春作落花生在 2、3 月播種至 6、7 月採收，其氣候由低溫冷涼至高溫多濕，在收穫時常發現莢果腐敗現象，顯然主要爲 *P. myriotylum* 所造成[3]；而秋作在 7、8 月播種至 11、12 月收穫，氣候由高溫多濕到低溫冷涼，其莢果黑斑病可能由 *R. solani* 與 *F. solani* 所危害;病原菌之間亦有相互作用，例如 *P. myriotylum* 與 *F. solani* 具有協力作用[14,17]，而 *P. myriotylum* 與 *R. solani* 間具拮抗作用[18]，由於莢果黑斑病是在收穫後調查，而田間環境條件複雜，土壤微生物繁多，是否台灣落花生莢果黑斑病之主要病原菌間亦有相互作用，將進一步試驗探討才能確定。

由於落花生莢果黑斑病的發生無法由植株上判斷，需由地下之莢果調查，工作較困難費時，若能由生育期間之農藝性狀瞭解其相關性，將有助於抗病品種選育及防治工作；本試驗共調查株高、節間長、子房柄長、落葉率、銹病、葉斑病、倒伏、莢殼厚度及產量等共 10 性狀與莢果黑斑病之相關性，結果可知在春作莢果黑斑病與葉斑病呈正相關，顯示在春作葉斑病之罹病程度可作爲推測莢果黑斑病之指標。莢果黑斑病與產量呈負相關，顯然病害造成莢果脫落而減少產量。白絹病菌容易在植冠覆蓋緊密時發生，因通風不良及遮蔭之效果，造成多濕條件及阻礙殺菌劑噴施之效果，常使植株死亡，如除去上部枝葉因增加通風可減低病害[5,31]。但本試驗株高、節間長與倒伏等級等均與莢果黑斑病無顯著相關性，可能白絹病菌主要爲害植株，對莢果影響較小。Godoy *et al.*[20]認爲抗病品種莢殼較厚及較木質化有關，但本試驗結果莢殼厚度並無顯著相關性，可能與木質化較重要而非厚度。而莢果伸入土壤中之深度不同，土壤表層較乾燥因而較不易發病[15]，但本試驗莢果黑斑病與子房柄長度也無顯著相關，或許因爲台灣以作畦栽培，土壤表層較不易浸水之關係。

引用文獻

1.林益昇。1997。環境因子對腐霉菌引起作物病害的影響。P.5-16。氣象因子與作物病蟲害研討會論文專輯。 杜金池、楊純明主編。中華農業氣象學會出版。台中縣。

2.程永雄、鄭安秀、陳紹崇、杜金池。1989。落花生果莢黑斑病之發生及其防治法。中華農業研究 38:353-364。

3.楊金興。2002。落花生莢果黑斑病之抗病性及其遺傳研究。國立中興大學農藝學系 博士論文。86 頁。

4.鄭安秀、陳紹崇。1994。落花生果莢黑斑病之生態及其防治。P.371-384。雜作物保護研討會專刊。葉忠川、葉 瑩、曾清田主編。台南區農業改良場出版。台南市。

5.Backman, P. A., R. Rodriguez-Kabana, and J. C. Williams. 1975. The effect of peanut leafspot fungicides on the nontarget pathogen, *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology 65:773-776.

6.Baird, R. E., T. B. Brennemam, B. G. Mullinix, D. K. Bell, A. K. Culbreath, and J. D. Moore. 1993. The effects of chemical treatment, harvest date, and specific isolation media on the peanut shell mycobiota of two peanut cultivars. Plant Dis. 77:736-741.

7.Bell, D. K., and D. R. Summer. 1984. Unharvested peanut pods as a potential source of inoculum of soilborne plant pathogens. Plant Dis. 68:1039-1042.

8.Black, M. C., and M. K. Beute. 1985. Soil component that affect severity of Cylindrocladium black rot of peanut. Plant Dis. 69:36-39.

9.Branch. W. D., and A. S. Csinos. 1987. Evaluation of peanut cultivars for resistance of field infection by *Sclerotium rolfsii*. Plant Dis. 71 :268-270.

10.Brenneman, T. B. 1997. Rhizoctonia diseases. p.30-31 *in*: Compendium of Peanut Diseases, 2nd ed. Kokalis-Burelle N., D.M. Porter, R. Rodriguez-Kabana, D.H. Smith, and P. Subrahmanyan, eds. APS Press, St. Paul, MN.

11.Brenneman, T. B., W. D. Branch, and A. S. Csinos. 1990. Partial resistance of Southern Runner, *Arachis hypogaea*, to stem rot caused by *Sclerotium rolfsii*. Peanut Sci. 17:65-67.

12.Carling, D. E., and R. H. Leiner. 1990. Effect of temperature on virulence of *Rhizoctonia solani* and other *Rhizoctonia* on potato. Phytopathology 80:930-934.

13.Csinos, A. S., and D. K. Bell. 1997. Peanut pod rot complex. p.23-24 *in*: Compendium of Peanut Diseases, 2nd ed. Kokalis-Burelle N., D.M. Porter, R. Rodriguez-Kabana, D.H. Smith, and P. Subrahmanyan, eds. APS Press, St. Paul, MN,

14.Frank, Z. R. 1972. *Pythium myriotylum* and *Fusarium solani* as cofactors in a pod-rot complex of peanut. Phytopathology 62:1331-1334.

15.Frank, Z. R. 1974. Effect of constant moisture levels on Pythium rot of peanut pods. Phytopathology 64:317-319.

16.Frank, Z. R., and Y. Ben-Yephet. 1997. Fusarium diseases. p.21-22 *in*: Compendium of Peanut Diseases, 2nd ed. Kokalis-Burelle N., D.M. Porter, R. Rodriguez-Kabana, D.H. Smith, and P. Subrahmanyan, eds. APS Press, St. Paul, MN.

17.Garcia, R. and D. J. Mitchell. 1975a. Synergistic interactions of *Pythium myriotylum* with *Fusarium solani* and *Meloidogyne arenaria* in pod rot of peanut. Phytopathology 65:832-833.

18.Garcia, R. and D. J. Mitchell. 1975b. Interaction of *Pythium myriotylum* with several fungi in peanut pod rot. Phytopathology 65: 1375-1381.

19.Godoy, R., O. D. Smith, and T. E. Boswell. 1984. Evaluation of six peanut genotypes for pod rot resistance. Peanut Sci. 11:49-52.

20.Godoy, R., O. D. Smith, R. A. Taber, and R. E. Pettit. 1985. Anatomical traits associated with pod rot resistance in peanut. Peanut Sci. 12:77-82.

21.Hadley, B. A., M. K. Beute, and K. J. Leonard. 1979. Variability of *Cylindrocladium crotalaiae* response to resistance host plant selection pressure in peanut. Phytopathology 69:1112-1114.

22.Hollowell, J. E., B. B. Shew, M. K. Beute, and Z. G. Abad. 1998. Occurrence of pod rot pathologies in peanuts grown in North Carolina. Plant Dis. 82:1345-1349.

23.Jacson, C. R., and D. K. Bell. 1969. Rhizoctonia diseases. *in*: Diseases of peanut(groundnut) caused by fungi. Georgia Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 56:24-30.

24.Kinsbursky, R. S., and A. R. Weinhold. 1988. Influence of soil inoculum density disease incidence relationships of *Rhizoctonia sonali*. Phytopathology 78:127-130.

25.Lewis, P. I., and A. B. Filonow. 1990. Reaction of peanut cultivars to Pythium pod rot and their influence on populations of *Pythium* spp. in soil. Peanut Sci. 17:90 –95.

26.Middleton, J. T. 1943. The taxonomy, host range and geographic distribution of the genus *Pythium*. Mem. Torrey Botan. Club 20:1-171.

27.Porter, D. M., H. Garren, and P. H. Schaik. 1975. Pod breakdown resistance of peanuts. Peanut Sci. 2:15-18.

28.Punja, K., and R. G. Grogan. 1981. Eruptive germination of sclerotia of *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology 71:1092-1099.

29.Reddy, D. O. R. 1984. A nematode disease of peanut caused by *Tylenchorhynchus brevilineatus*. Plant Dis. 68:526 - 529.

30.Reddy, M. N. 1980. Studies on groundnut hypocotyl exudates and the behavior of *Rhizoctonia solani* in influencing the disease. Plant and Soil 55:445-454.

31.Shew, B. B., and M. K. Beute. 1984. Effects of crop management on the epidemiology of southern stem rot of peanut. Phytopathology 74:530-535.

32.Shew, H. D., and M. K. Beute. 1979. Evidence for the involvement of soilborne mites in Pythium pod rot of peanut. Phytopathology 69:204-207.

33.Sidebottom, J. R., and M. K. Beute. 1989. Control of Cylindrocladium black rot of peanut with cultural practices that modify soil temperature. Plant Dis. 73:672-676.

34.Smith, O. D., T. E. Boswell, W. J. Grichar, and C.E. Simpson. 1989. Reaction of select peanut (*Arachis hypogaea* L.) lines to southern stem rot and Pythium pod rot under varied disease pressure. Peanut Sci. 16:9-14.

35.Van Schaik, P. H., K. H. Garren, and D. M. Porter. 1972. Potential resistance to pod breakdown in peanuts. Am. Peanut Res. Educ. Assoc. 4:14-17.

36.Stansell, J. R., J. L. Shephered, J. E. Pallas, R. R. Brue, N. A. Minton, D. K. Bell, and L. W. Porgan. 1976. Peanut responses to soil water variables in the southeast. Peanut Sci. 3:44-48.

37.Von Bretzel, P., M. E. Stanghellini, and W. C. Kronland. 1988. Epidemiology of Pythium root rot of mature sugar beets. Plant Dis. 72:707-709.

38.Wynne, J. C., M. K. Beute, and S. N. Nigam. 1991. Breeding for disease resistance in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Annu. Rev. Phytopathol. 29:279-303.

The Effect of Crop Season on Pod Rot Disease of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Varieties[1]

Kin-Hsing Yang[2,5], Wen-Long Tsaus[2], Guang-Jauh Shieh[2], Chan-Lee Ho[2], Jhi-Nong Tsai[2], Chien-Yih Lin[3] and Fu-Sheng Thseng[4]

Summary

For evaluating crop season effect on pod rot disease, 20 peanut varieties were cultivated continuously at a TARI field for four crops in two years. It resulted that the varieties, crop seasons and years had interactions with pod rot severity. Susceptible and moderate resistant varieties were more serious pod rot in continuous cultivation seasons, but resistance varieties were not. The crop seasons correlation were significant for fall crop with after fall crops. The phenotypic correlation was positive for pod rot severity with leaf spot disease, but negative with pod and kernel yields, in spring crop.

Key words： Peanut, *Arachis hypogaea* L., Crop season, Pod rot disease.

---

1. Contribution No.2130 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : November 22, 2002.
2. Assistant Agronomist, Assistant Agronomist, Associate Agronomist and Assistant Agronomist, Department of Agronomy, and Assistant Plant Pathologist, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Director, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Part-time Professor, Department of Agronomy, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail：yangkh123@wufeng.tari.gov.tw ; Fax：(04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(4):37~48(2002)

絲瓜新品種台農一號之育成[1]

楊偉正[2,5]　蕭吉雄[3]　黃秋雄[4]　劉邦基[2]

摘要：絲瓜'台農 1 號'係一代雜交品種，其父本爲屏東地方品種經 8 世代自交純化後之固定品系，母本爲圓筒絲瓜'目瓜'和稜角絲瓜'CITC-70-181'之雜交組合後代作爲非輪迴親，圓筒絲瓜'米筒瓜'作爲輪迴親，進行回交育種，所育成之固定自交系(90002)。'台農 1 號'屬圓筒絲瓜，植株生長強健，有稜角絲瓜的優良品質，如肉質細嫩翠綠、煮後果肉不易變黑外，還具有節成性強、早生、果實端正、果色鮮綠等特色，並可抗矮南瓜黃化嵌紋病毒、木瓜輪點病毒－西瓜系統、甜瓜綠斑嵌紋病毒等病毒。絲瓜'台農 1 號'果實長約 20 公分、果寬約 7 公分、果重約 560 公克、每公頃產量約 55,000 公斤。日照長短對'台農 1 號'雌花的發生及結果影響不大，因此，'台農 1 號'除可在秋冬季短日下播種外，尙可在春夏季日照較長的環境下播種，可避免幼苗遭受寒害並有助於產期調節。在分子標誌方面，'台農 1 號'以 OPC20 核酸引子進行 RAPD 分析，於 1,100-bp 位置之條帶與其他商業品種有區別，可做爲本品種鑑別依據。

關鍵詞：絲瓜、育種、種間雜交、抗病。

前　言

絲瓜(*Luffa* spp.)又名菜瓜，農業統計年報雖無絲瓜種植面積之統計資料，估計台灣絲瓜栽培面積大約在 2,500 公頃左右，爲本省重要夏季蔬菜之一[7]。由於絲瓜美味可口，深受國人喜愛，且其管理容易，產量豐盛，栽培面積日益增加。絲瓜依其果實形狀可區分爲圓筒絲瓜(*Luffa aegyptiaca*)和稜角絲瓜(*L. acutangula*)二大栽培群[1,7,13]。圓筒絲瓜在本省栽培歷史悠久，地方品種相當多，由於農民喜歡自行留種，造成品種混亂和退化，因而有產量低、品質劣、易罹病毒病等缺點[4,,7,13]。稜角絲瓜又稱澎湖瓜，原爲澎湖地區重要園藝作物，經引進本省試種成功後，栽培面積逐漸增加[7,13]。圓筒絲瓜產量較高，果肉柔軟，但煮後容易變黑，其雌花之形成深受日照和溫度影響，且不抗矮南瓜黃化嵌紋病毒(*Zucchini yellow mosaic virus*, ZYMV)；稜角絲瓜產量雖較圓筒絲瓜爲低，然品質細嫩青翠，較圓筒絲瓜爲佳，且雌花形成較不受日照和溫度影響，可抗矮南瓜黃化嵌紋病毒[1,2,4,,7,12,13]。

爲改進圓筒絲瓜的品質和抗病性，本所利用圓筒絲瓜和稜角絲瓜進行種間雜交，再以回交育種方法將稜角絲瓜之品質和對病毒病抗性轉移至圓筒絲瓜中，育成圓筒絲瓜新品系(90002)後，再以該自交系和農

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2131 號。接受日期：91 年 11 月 20 日。
2. 本所園藝組副研究員、研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所園藝系前研究員兼主任，目前爲行政院農業委員會種苗改良繁殖場場長。臺灣省　臺中縣　新社鄉。
4. 前本所植物病理系研究員。
5. 通訊作者，電子郵件：wzyang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23338162。

試圓筒絲瓜（屏東絲瓜）優良自交系雜交，育成農試 181 號，具有高品質、豐產、產量穩定、節成性強（即有連續數節開雌花和結果）特性，抗矮南瓜黃化嵌紋病毒、木瓜輪點病毒－西瓜系統(*Papaya ringspot virus* type W, PRV-W)、甜瓜綠斑嵌紋病毒(*Melon vein-banding mosaic virus*, MVbMV)等病毒病，以及雌花之形成較不受日照影響，適合本省中、南部地區栽培之絲瓜新品種[5,6,8,11]。分子標誌(molecular markers)在遺傳研究與品種鑑定上具有方便、客觀、靈敏等優點，在農業研究之應用已逐漸受到重視。其中 RAPD 爲利用逢機引子進行聚合酶連鎖反應(PCR)所獲致之分子標誌，除了可提供豐富的遺傳變異資料，並具有簡易、經濟之優點[17]，已廣泛地使用於農作物種原和品種之鑑定，不但有助於提高品種改良效率，且可用來保障育種者、種苗業者和栽培者的權益[3,10]。因此在農試 181 號之育種過程中配合 RAPD 分析，以瞭解農試 181 號及其親本之遺傳純度，同時尋找農試 181 號與目前所種植之絲瓜商業品種間之鑑別標誌，以作爲新品種申請命名之依據。農試 181 號於民國 90 年 7 月 13 日通過命名審查，准予登記命名爲‘台農 1 號’，商業名稱‘青綠’。

材料與方法

品系來源

本所於民國 64-70 年間進行絲瓜種原收集，包括地方栽培品種、商業栽培品種和國外引進品種，共收集 60 個絲瓜品種（系），其中圓筒絲瓜 33 種，稜角絲瓜 27 種。除商業品種外，其餘品種（系）均經 4-5 世代的自交純化與選拔，以固定其園藝性狀和抗病性，供作育種材料。‘目瓜’、‘米筒瓜’、‘屏東絲瓜’均爲本省地方品種。‘目瓜’和‘米筒瓜’屬短果形圓筒絲瓜，果長約 13 公分，果重約 350 公克，‘屏東絲瓜’屬中果形圓筒絲瓜，果長約 34 公分，果重約 800 公克。‘CITC-70-181’引自史瓦濟蘭，屬中長形稜角絲瓜，果長約 40 公分，果重約 300 公克。

育成方法與經過

民國 71 年以圓筒絲瓜‘目瓜’爲母本，稜角絲瓜‘CITC-70-181’爲父本進行種間雜交。以其 F_1 作爲非輪迴親，‘米筒瓜’作爲輪迴親進行回交育種。在各回交世代中，植株幼苗期經人工接種病毒，選拔抗（耐）病毒病單株後，移至田間定植，植株生育期間進行單株園藝性狀調查和感官評估（測定果實有無苦味），並調查烹飪後果肉是否褐化等[11]。園藝性狀不良、果實有苦味、煮後果肉會褐化的單株，都予以淘汰，而選留之單株，再繼續回交‘米筒瓜’。經 4 世代回交後，將具抗病性且仍保持稜角絲瓜肉質之單株，再經 8 世代自交，選拔出具有抗病毒病、質優、無苦味和節成性強之自交系（編號 90002）作爲母本；以屏東地方品種經 8 世代分離、選拔、自交、固定後，所獲得之優良自交系（屏東絲瓜）作爲父本，育成一代雜交品種，經命名爲‘台農 1 號’，商品名稱爲‘新綠’。‘台農 1 號’之育種經過如表 1 所示。

種間雜交後代抗病毒、無苦味和無褐化果選拔

種間雜交之各世代族群，其每一回交世代的各個組合均於幼苗期接種矮南瓜黃化嵌紋病毒，所用方法均依照病毒病抗病性檢定標準程序[16,20]。接種後之幼苗若有斑點、斑紋、嵌紋或葉脈綠化等病徵出現時，即予拔除。將無病徵之幼苗移植田間試驗田，待植株成長至開花結果時，再將果實採下，用感官評估果實是否有苦味和烹飪後果肉是否會褐化。果實有苦味或褐化的植株亦予拔除，留下可抗病毒病、果實無苦味和煮後果肉不褐化之優良單株繼續回交和自交。

品系產量比較及抗病性檢定試驗

以 90002 自交系爲母本，分別與其他經分離固定之優良自交系中長絲瓜、雲林絲瓜、屏東絲瓜等品系雜交，完成 7 個雜交新組合。以商業栽培品種‘七美’和‘七星’作爲對照品種，總計 9 個品種（系），就重要園藝性狀及田間自然感染病毒病情形進行比較與評估試驗。田區採用逢機完全區集設計，共 4 重複，每重複各種 10 株，總計 360 株；採水平棚架栽培，行株距爲 3 公尺 x 1.5 公尺。另將上述 9 個品種（系）播

種於 35 孔穴植盤後置放於網室，俟幼苗生長至 2 片本葉時，利用人工接種病毒，病毒種類包括矮南瓜黃化嵌紋病毒、胡瓜嵌紋病毒(*Cucumber mosaic virus*, CMV)、木瓜輪點病毒—西瓜系統、甜瓜綠斑嵌紋病毒等，採逢機完全區集設計，每種病毒之接種皆含 2 重複，每重複 10 株，共 180 株，接種方法和檢定標準亦參照病毒病抗病性檢定法。

品系區域試驗及地方試作

經品系比較試驗後選出農試 137 號、農試 181 號和農試 236 號等 3 個品系，於 82-84 年間分別在台中縣霧峰鄉農業試驗所、南投縣埔里鎮、彰化縣二水鄉、雲林縣林內鄉、雲林縣大埤鄉、屏東縣九如鄉、屏東縣高樹鄉等鄉鎮辦理區域試驗，以'七美'作爲對照品種，田區採逢機完全區集設計，4 重複，每重複各種 40 株，共 160 株；採水平棚架栽培，行株距和施肥量均依當地慣行之標準。另於 85-87 年間在台中縣霧峰鄉、南投縣草屯鎮、雲林縣林內鄉、雲林縣大埤鄉、屏東縣里港鄉等鄉鎮辦理地方試作，以'七美'作爲對照品種，地方試作之田區設計和培肥管理方式與區域試驗相同。

產量穩定性分析

農試 181 號和'七美'利用 86-87 年在台中縣霧峰鄉、南投縣草屯鎮、雲林縣林內鄉、雲林縣大埤鄉等 4 個鄉鎮之地方試驗產量成績，以直線迴歸方程求其直線迴歸係數值，探討在不同地區之產量穩定性[9]。

抗病毒病檢定

農試 181 號種子經催芽後，直接播種於 35 孔穴植盤，俟幼苗長至二片本葉時，開始接種，將已感染矮南瓜黃化嵌紋病毒病之夏南瓜葉片剪下，加入 10 倍量(w/v)之 0.1M、pH=7.1 之磷酸緩衝液，經研磨過濾後所得之病毒汁液作爲接種原，供試幼苗灑上微量之 400 目金鋼砂，用研磨棒沾病毒汁液後，磨擦於子葉和本葉上。接種過之幼苗靜置 2-3 分鐘後，用清水沖洗，再放置網室內，定期調查葉片病徵，作爲抗性評估的依據[4,16,20]。病害等級係依植株葉片之病徵和發病嚴重程度而定。第 0 級(N0)爲葉片外觀無病徵，第 1 級(N1)爲葉片有黃色斑點病徵，第 2 級(N2)爲葉片有斑紋和（或）嵌紋病徵，第 3 級(N3)爲葉片有葉脈綠化和（或）嚴重嵌紋病徵，依病徵等級再計算發病指數，來推斷其抗感病性，其計算公式如下：

表 1. 絲瓜台農 1 號育種程序

Table 1. Breeding procedure of vegetable sponge Tainung No. 1

Year	Breeding procedure	Remark
1975-1981	Variety collection and selection	Variety collection and inbreeding
1982	Hybridization	Mu-Kua x CITC-70-181
1983-1991	Backcross and pure-line selection	(Mu-Kua x CITC-70-181) x Mi-Tung-Kua^5
1983-1990	Selection for virus resistance	Backcross, and inbreeding inoculation at seedling stage
1983-1990	Selection for non-bitterness	Backcross, and inbreeding bitterness test at immature fruit
1991	Cross combination test	[(Mu-Kau x CITC-70-181) x Mi-Tung-Kua^5] x Ping-Tung-Zhi-Kua
1992	Comparison of *Luffa* lines	Randomized complete block design
1993-1998	Regional trials	Randomized complete block design
1983-1998	Test of yield stability	Randomized complete block design
1992-1995	Test of virus resistance	Single virus inoculation at seedling stage
1985	Short day treatment	Randomized complete block design
1997	Test of fruit quality	Randomized complete block design
1987	Molecular marker analysis	Random sampling
1988	Test of aphid resistance	Inoculation of cotton aphid at seedling stage
1990	Fertilizer trial	Randomized complete block design

$$發病指數 = \frac{N0\times0 + N1\times1 + N2\times2 + N3\times3}{N_n\times3} \times100\%$$

抗感病性：發病指數在 0-10 表極抗，11-20 表抗，21-30 表耐，31-50 表感，51-100 表極感。

短日照處理對雌花形成之影響

農試 181 號和'七美'二個品種（系）在 84 年春分過後，日照漸漸轉爲長日照的環境下進行短日照處理，參試品種各種植在 35 穴聯結盤每品種各育苗 100 株，當第 1 片本葉展開時，每天給予 8 小時光照處理，即在 16：30 至翌日 8：30 以黑布覆蓋遮光，其餘時間爲自然光照，遮光處理天數分別爲 10、20、30 天，待處理完畢，挑選大小一致的單株，移植田間。田區採用完全逢機區集試驗，四重複，每重複各種 20 株，按一般慣用栽培方式管理。調查項目包括定植前幼苗高度和葉片數、定植後調查雌花和雄花之始花期、第 1 朵雌花著生節位，生育期間總雌花數等性狀。

絲瓜 DNA 之萃取與聚合酶連鎖反應(PCR)分析

以農試 181 號、90002（母本）、屏東絲瓜（父本）等品系及'七美'、'七星'、'東光'等商業品種萃取 DNA，供聚合酶連鎖反應(PCR)分析。DNA 萃取係根據 Dellaporta 等人(1983)所發表的方法，並經局部修改，修改之處是在萃取過程之後期加入酚洗步驟以提高 DNA 純度。所萃取之 DNA 以 TKO 100 Fluorometer (Hoefer Scientific Instruments)測定濃度後，保存於-20℃備用。

PCR 分析係根據 Skroch 和 Niehuis(1992)、Witter (1992)等所發表之方法，使用 Operon 之 10-mer 逢機引子(Operon Technologies, Inc.)，以及 HT Biotechnology 之 Super Taq 聚合酵素，以 Idaho Technology 公司之#1605 型 Air Thermo-Cycler 進行反應。最終之反應物以 1.4 % agarose/1X TPE 進行水平電泳分析，電壓爲 100 V，電泳時間爲 3-4 小時，再經 ethidium bromide 染色 50 分鐘並退染 15 分鐘後，在 260 nm 波長紫外光下觀察 DNA 條帶，並以 Polaroid 相機拍照記錄，供作判讀與比較之依據。

結果與討論

種間雜交後代之抗病毒病性、無苦味株和無褐化果選拔

以圓筒絲瓜作爲輪迴親和稜角絲瓜作爲非輪迴親進行種間回交育種，所獲得的後代經幼苗期接種選拔抗病、無苦味和無褐化果單株後，其抗病性、果實授粉率、單果種子數、種子發芽率等隨著世代的增加而有顯著性的提升。雜交族群經 4 世代的回交和 8 世代的自交及選拔後，各世代所獲得對矮南瓜黃化嵌紋病毒具有抗病性的植株及比率詳如表 2。顯示抗病株數隨著世代的增加而提高，到了 BC4F4 世代，抗病株與耐病株共有 387 株，高達 81%。不同抗病單株果實利用幼果嚐試法和果實烹調法，測定果實是否具有苦味以及無苦味果煮後是否會褐化。表 3 之測試結果顯示，無苦味果之植株隨著回交和自交世代的選拔逐漸增加，其在 BC1F1 佔 33%，到了 BC4F4 世代，則高達 97%。而且，經選拔後的無苦味株之果實，肉質細嫩而翠綠，且煮後之果肉不易褐化。

品系產量比較及抗病毒病檢定試驗

品系產量比較試驗：以七個優良雜交組合和二個商業栽培品種所進行之產量比較試驗，結果詳如表 4，其中 91002（農試 137 號）、91003（農試 181 號）和 91006（農試 236 號）等三個組合的產量和果數均較其他組合和商業對照品種爲高，且與'七星'呈顯著差異。表 4 之結果亦顯示，這三個組合第一朵雌花之始花期均較其他組合或品種爲早，且其著生節位較低。其他園藝性狀如早生性、果實形狀、果色色澤、品質、煮後果實品質和田間感病性等之綜合評估結果，亦均以此三個組合爲最佳之雜交組合。

表 2. 絲瓜種間雜交各世代對矮南瓜黃化嵌紋病毒之抗病性 [z]

Table 2. Reaction to ZYMV of backcross generations after interspecific hybridization in *Luffa* spp. tested by artificial inoculation[z]

Generation	Total plant	Resistant plant	Tolerant plant	Susceptible plant
BC1F1	386	88 (23%)	54 (14%)	244 (63%)
BC2F1	232	37 (16%)	62 (27%)	133 (57%)
BC3F1	290	36 (12%)	66 (23%)	188 (65%)
BC4F1	404	67 (17%)	324 (80%)	13 (3%)
BC4F2	305	16 (5%)	21 (7%)	268 (88%)
BC4F3	311	33 (11%)	8 (3%)	270 (87%)
BC4F4	480	355 (74%)	32n (7%)	93 (19%)

[z] BC4F4 Sowing date: Feb. 2, 1988; Inoculating date: Mar. 4, 1988; Investigating date: Apr. 1, 1988.

表 3. 絲瓜種間雜交各世代無苦味株選拔 [z]

Table 3. Selection of non-bitterness in each backcross generation after interspecific hybridization in *Luffa* spp[z]

Generation	Total plants	Bitter plants	Slight-bitter plants	Non-bitter plants
BC1F1	88	37 (42%)	22 (25%)	29 (33%)
BC2F1	37	14 (38%)	5 (14%)	18 (48%)
BC3F1	36	8 (22%)	3 (8%)	25 (70%)
BC4F1	67	12 (18%)	8 (12%)	47 (70%)
BC4F2	16	2 (13%)	1 (6%)	13 (81%)
BC4F3	33	2 (6%)	3 (9%)	28 (85%)
BC4F4	355	8 (2%)	4 (1%)	343 (97%)

[z] BC4F4 Sowing date: Feb. 15, 1988; Transplanting date: Apr. 1, 1988; Testing fruits for bitterness and browning: Apr. 28-May. 28, 1988.

表 4. 絲瓜新品系比較試驗特性和產量調查表 [z] (81 年)

Table 4. Yield and horticultural characters of *Luffa* lines[z] (1992)

Variety/line	Generation	Plant vigor	Days from sowing to 1st ♂ flower	Days from sowing to 1st ♀ flower	Node of 1st ♀ flower
91001	F1	Medium	78.3	75.8	17.5
91002	F1	Strong	77.8	79.9	19.8
91003	F1	Strong	80.8	72.5	11.3
91004	F1	Medium	81.3	78.9	18.6
91005	F1	Strong	81.3	82.4	21.4
91006	F1	Strong	81.2	79.5	14.2
91007	F1	Strong	76.2	71.0	11.0
Seven Star (Ck)	F1	Strong	88.9	84.7	22.9
Seven Beauty (Ck)	F1	Strong	77.6	99.6	25.3
LSD(5%)	--	--	1.5	2.2	1.4

Continued

Variety/line	Yield (kg/0.1ha)	Fruits (No./0.1ha)	Fruit			
			Weight[y] (g)	Length[y] (cm)	Diameter[w] (cm)	Virus reaction[x]
91001	3,700	6,930	534	22.4	6.1	R
91002	4,849	9,630	504	15.9	8.7	T
91003	5,483	10,508	522	19.9	7.0	HR
91004	2,950	6,548	450	15.2	6.5	R
91005	3,716	7,224	514	17.1	7.5	R
91006	5,183	9,878	525	16.9	7.6	R
91007	3,749	8,145	461	16.2	8.0	T
Seven Star (Ck)	985	1,980	490	18.1	7.3	T
Seven Beauty (Ck)	3,565	7,044	507	17.7	7.1	HR
LSD (5%)	242.2	441.1	24	0.9	0.4	--

[z] Sowing date: Jan. 6. 1992; Transplanting date: Feb. 20. 1992.

[y] Average of fruit length and fruit width were measured from 20 fruits randomly taken at each replication.

[x] HR = highly resistant, R = resistant, T =tolerant, S =susceptible, HS =highly susceptible.

抗病毒病檢定：表 5 爲上述七個雜交組合和二個商業栽培品種對矮南瓜黃化嵌紋病毒、胡瓜嵌紋病毒、木瓜輪點病毒—西瓜系統、甜瓜綠斑嵌紋病毒等四種病毒之抗病毒病檢定結果，由表 5 得知 91003(農試 181 號)對胡瓜嵌紋病毒呈感病外，對矮南瓜黃化嵌紋病毒、木瓜輪點病毒—西瓜系統、甜瓜綠斑嵌紋病毒等三種病毒之發病指數分別爲 6.3、3.0、3.，屬極抗程度。'七美'對胡瓜嵌紋病毒和甜瓜綠斑嵌紋病毒分別爲中感和抗，對矮南瓜黃化嵌紋病毒和木瓜輪點病毒—西瓜系統爲極抗，'東光'對上述四種病之抗病性分別爲感到極感。

品系區域試驗及地方試作

區域試驗：表 6 和表 7 爲 82 年之區域試驗及地方試作產量調查結果。前者（表 6）係在霧峰鄉農業試驗所之結果，顯示農試 181 號無論在產量和著果數均較其他雜交組合和對照品種爲高，且差異顯著；其雌花開花期較早且著生節位較低，二者均達顯著差異，顯示農試 181 號具有早生優點。後者（表 7）則在大埤鄉、林內鄉、九如鄉和高樹鄉等地區進行區域試驗結果，農試 181 號產量亦均較對照品種爲高，除大埤鄉外，其他地區之產量差異均達顯著程度。

在 83 年之試驗結果（表 7），農試 181 號在四個試區的產量，除埔里地區外，均較對照品種爲高。84 年的結果與 83 年相似，除二水地區外，農試 181 號產量均較對照品種爲高。此外，83 和 84 年在大埤鄉所做的區域試驗結果，亦以農試 181 號之產量較該地區之地方品種爲優，且達顯著差異（表 7）。綜合 82-84 年，由每年四個試區之平均產量得知，82、83、84 年農試 181 號每 0.1 公頃之平均產量分別爲 5,421kg、5,284kg、5,439kg，對照品種各試區之平均產量則分別爲 4,772kg、4,584kg 及 5,243kg，農試 181 號與對照品種相較，產量分別高出 11.4%、11.5%和 4%。

表 5. 絲瓜新組合人工接種抗病毒病檢定 [z]

Table 5. Disease resistance of new *Luffa* breeding lines tested by artificial inoculation[z]

Variety/line	Generation	Disease test	CMV	ZYMV	PRV-W	MVbMV
91001	F1	D.R.[y]	S	HR	R	R
		D.I.[x]	42.6	8.5	16.8	14.6
91002	F1	D.R.	S	HR	R	R
		D.I.	39.2	8.5	14.2	15.8
91003	F1	D.R.	S	HR	HR	HR
		D.I.	38.5	6.3	3.0	3.0
91004	F1	D.R.	S	R	T	T
		D.I.	47.1	14.2	27.3	24.5
91005	F1	D.R.	S	R	R	R
		D.I.	43.8	16.8	14.6	12.8
91006	F1	D.R.	S	HR	R	R
		D.I.	39.2	7.8	18.3	15.6
91007	F1	D.R.	S	R	R	T
		D.I.	48.3	15.8	14.2	24.5
Seven Star (Ck)	F1	D.R.	S	T	T	R
		D.I.	48.3	27.3	24.5	18.6
Seven Beauty (Ck)	F1	D.R.	S	HR	HR	R
		D.I.	35.2	9.2	8.4	17.5
Eastern Light (Ck)	F1	D.R.	HS	HS	S	S
		D.I.	77.4	86.3	43.8	41.6

[z] Sowing date: Mar. 26, 1992. Inoculating date: Apr. 6, 1992. Investigating date: Apr. 18, 1992.

[y] D. R.= Disease reaction, HR = highly resistant, R = resistant, T = tolerant, S = susceptible, HS = highly susceptible.

[x] D. I.= Disease index, 0-10 = HR, 11-20 = R, 21-30 = T, 31-50 = S, 51-100 = HS.

地方試作：由 85-87 年間在農試所及中、南部地區之地方試作，得知農試 181 號除 85 年在農試所和大埤鄉地方試作，產量略低於對照品種，但未達顯著差異外，其餘均較對照品種爲高（表 7），且多處鄉鎮產量達顯著差異。綜合各試區每年之平均產量分別爲 5,025kg/0.1ha、5,593kg/0.1ha、5,649kg/0.1ha，比對照品種之 4,547kg/0.1ha、4,773kg/0.1ha、5,177kg/0.1ha 分別高出 11.1%、11.7%及 10.9%（表 7）。綜合言之，農試 181 號比對照品種高出 10%以上的生產力。

產量穩定性分析

將 86 年及 87 年地方試作 4 個地點二個品種（系）之產量進行穩定性分析，農試 181 號和'七美'之產量分別爲 5,621kg/0.1ha 和 4,975kg/0.1ha ，農試 181 號之產量超過總平均 5,298kg/0.1ha，而對照品種'七美'則遠低於平均值。農試 181 號和'七美'之直線迴歸係數分別爲 1.051 和 0.950，顯示二個品種（系）之產量均具穩定性，但以農試 181 號表現較佳（表 8）。

表 6. 絲瓜台農 1 號（農試 181 號）特性及產量[z] (82 年)

Table 6. Yield and horticultural characters of sponge Tainung No.1 (Nung-shi No. 181)[z] (1993)

Variety/line	Days from sowing to 1st ♀ flower	Node of 1st ♀ flower	Yield (kg/0.1ha)	Fruits (No./0.1ha)	Fruit weight[y] (g)	Fruit length[y] (cm)	Fruit diameter[y] (cm)	Virus reaction[x]
Nung-shi No.137	68.2	16.9	4,124	7,817	527.5	15.7	8.8	T
Nung-shi No.181	62.3	9.7	5,465	10,002	546.3	20.0	7.1	HR
Nung-shi No.236	64.4	11.5	4,929	8,813	559.5	17.0	7.4	R
Seven Star (Ck)	69.1	18.7	3,519	6,833	514.8	18.2	7.1	T
Seven Beauty (Ck)	85.6	24.9	5,000	9,495	526.8	17.9	7.0	HR
LSD (0.05)	1.5	1.5	355	650	21.4	0.3	0.4	--

[z] Sowing date: Feb. 25, 1993. Transplanting date: Mar. 28, 1993.

[y] Mean of 20 fruits were randomly taken at each duplicate.

[x] HR = highly resistant, R = resistant, T = tolerant, S = susceptible, HS = highly susceptible.

表 7. 絲瓜台農 1 號（農試 181 號）區域試驗及地方試作之產量調查分析(82-87 年)

Table 7. Yield of sponge Tainung No.1 (Nung-shi No. 181) in regional trials (1993-1998)

Location	Yiedd (kg/0.1ha)																	
	1993			1994			1995			1996			1997			1998		
	NS[z]	SB[y]	LSD (0.05)	NS	SB	LSD (0.05)	NS	SB	LSD (0.05)	NS	SB	LSD (0.05)	NS	SB	LSD (0.05)	NS	SB	LSD (0.05)
TARI(農試所)				5,104	4,026	334	4,381	4,280	382	4,795	4,880	661	4,955	4,729	640	5,108	5,080	347
Tsao Tun(草屯鎮)													6,269	5,940	429	5,657	5,355	597
Pu Li(埔里鎮)				5,379	5,582	432												
Lin Nei(林內鄉)	5,488	5,258	95				5,775	5,540	450				4,896	4,193	331	5,338	4,882	340
Erth Shui(二水鄉)							4,908	5,005	328									
Ta Pei(大埤鄉)	5,210	4,991	642	6,148	4,376	912	6,692	6,145	304	4,952	4,962	77	6,254	4,229	529	6,492	5,392	614
Chiu Ju(九如鄉)	5,391	4,682	410	4,506	4,350	252												
Li Kang(里港鄉)										5,328	3,798	502						
Kao Shu(高樹鄉)	5,594	4,157	283															
Average	5,421 (114)	4,772 (100)		5,284 (115)	4,584 (100)		5,439 (104)	5,243 (100)		5,025 (111)	4,547 (100)		5,593 (117)	4,773 (100)		5,649 (109)	5,177 (100)	

[z] NS : Nung-shi No. 181.

[y] SB : Seven Beauty.

表 8. 絲瓜台農 1 號（農試 181 號）在霧峰鄉、草屯鎮、林內鄉和大埤鄉等試區之產量穩定性（86-87 年）

Table 8. Yield stability of sponge Tainung No.1 (Nung-shi No. 181) in regional trials at four locations during 1997-1998

Variety/line	Yield (kg/0.1ha)	Correlation coefficient
Nung-shi No. 181	5,621	1.051
Seven Beauty	4,975	0.950

抗病毒病檢定

農試 181 號以及其親本、對照品種經人工單獨接種胡瓜嵌紋病毒、矮南瓜黃化嵌紋病毒、木瓜輪點病毒－西瓜系統及甜瓜綠斑嵌紋病毒等病毒後，其抗病性檢定結果詳如表 9。農試 181 號及其母本（90002）對矮南瓜黃化嵌紋病毒、木瓜輪點病毒－西瓜系統及甜瓜綠斑嵌紋病毒等病毒均屬強抗性，但對胡瓜嵌紋病毒卻具弱感病性；父本（屏東絲瓜）對木瓜輪點病毒－西瓜系統具中抗性，而對其餘三種病毒皆呈感病。

短日照處理對雌花形成之影響

春分過後，日照時間漸漸增長，很多絲瓜品種在這個時候播種都會延遲雌花開花期[1,2,9,14]。本試驗在長日下，利用人工遮蔭進行短日處理，以探討農試 181 號品系和‘七美’品種（系）在不同日照處理下雌花和雄花發生情形。資料經變方分析後得知在不同日照處理下，二個品種（系）內的雌花和雄花著生節位和始花期，差異不顯著。二個品種（系）間的雌花和雄花著生節位和始花期卻有很大的差別且差異顯著（表 10）。農試 181 品系和‘七美’分別在春分日照漸漸增長的環境下種植，雖經人工遮蔭進行短日處理，卻無法提早雌、雄花之始花期和降低著生節位，可見日照長短對此兩品種（系）的花性影響不大。但此兩品種（系）間的雌花始花期和雌花著生節位卻有很大的差別，農試 181 號品系之雌花始花期較‘七美’為早，其雌花著生節位較低，定植後二個月內的雌花數亦較‘七美’為多。其原因可能是：‘七美’為短日照品種[7]，在春分長日照環境下會延緩雌花形成（表 10）。農試 181 號在長日照下不會延緩第一朵雌花始花期和著生節位，幼苗期經 30 天的短日照處理，也無法提早雌花形成，推測農試 181 號之雌花形成對日照長短較為鈍感。因此，為確保絲瓜幼苗免受寒害，農試 181 號可在嚴冬過後才播種，其雌花之形成和果實採收時期，都不會因晚播種而延後，因而不影響早期產量和瓜農收益。

分子標誌鑑別

RAPD 標誌之鑑別：本研究以 OPA、OPB、OPC 三個引子組，共 60 個逢機引子進行 RAPD 分析。除 OPC20 以外，其餘引子所增幅之條帶皆無多型性現象。圖 1 為以 OPC20 引子對農試 181 號及其親本、以及‘東光’、‘七美’、‘七星’等進行 PCR 分析所呈現的 RAPD 圖譜，OPC20 引子在供試的絲瓜材料中，所增幅之條帶共有 9 條，其核酸片段之長度介於 400 至 2000 base pairs（bp）之間，每一條帶之濃淡不一。其中唯有位於 1100-bp 位置之條帶在供試材料間呈現多型性現象，該 1100-bp 條帶僅在農試 181 號和其父本（90002）呈現，母本（屏東絲瓜）及其他三個商業品種（皆為雜交一代品種）則無。此外，父本之 1100-bp 條帶明顯地比農試 181 號為濃。

RAPD 分子標誌之應用：圖 1 之結果顯示，農試 181 號和其父本品系可藉由 OPC20 引子之分析結果，與其母本品系以及目前國內主要的三個栽培品種加以區分，此現象對於育種者、種苗業者和栽培者的權益保護適可提供客觀依據。本試驗之父母本品系皆為多代自交選拔所得，其遺傳組合應近於同質體

表 9. 絲瓜台農 1 號（農試 181 號）對病毒病之抗病性檢定

Table 9. Virus resistance of sponge Tainung No.1 (Nung-shi No. 181) tested by artificial inoculation

Viruses	Disease test	Nung-shi No. 181	Seven Beauty	Eastern Light	90002 (Female parent)	Ping Tung (Male parent)
CMV	D.R. [z]	S	S	HS	S	S
	D.I. [y]	45.0	43.3	74.2	31.7	46.7
ZYMV	D.R.	HR	HR	HS	HR	S
	D.I.	7.5	9.2	83.3	1.7	49.2
PRV-W	D.R.	HR	HR	T	HR	T
	D.I.	4.2	3.0	26.7	2.5	29.1
MVbMV	D.R.	HR	HR	T	HR	S
	D.I.	2.5	3.3	22.5	1.7	34.2

[z] D. R. = Disease reaction; HR = highly resistant; R = resistant; T = tolerant; S = susceptible; HS = highly susceptible.

[y] D. I. = Disease index; 0-10 = HR; 11-20 = R; 21-30 = T; 31-50 = S; 51-100 = HS.

表 10. 短日處理對台農 1 號（農試 181 號）品系花性之影響

Table 10. Effect of short day treatment on the day and node of 1st female / male flower in sponge Tainung No.1 (Nung-shi No. 181) and variety 'Seven Beauty'

Treatment		Seedling height at 30 days after sowing (cm)	No. of leaves at 30 days after sowing	Node of 1st ♂ flower	Days from sowing to 1st ♂ flowering	Node of 1st ♀ flower	Days from sowing to 1st ♀ flower	Total ♀ during 2 months after transplanting
Nung-shi No. 181								
SD treatment	10 days[z]	65.0bc[y]	8.4cd	8.4b	57.7a	15.1ab	64.0a	55.0bc
	20 days	61.0bc	8.5cd	6.3a	52.9a	14.6a	63.0a	55.5c
	30 days	61.0bc	7.9bc	6.1a	53.5a	13.1a	61.6a	61.8c
Check[x]		70.7bc	8.9d	8.6b	57.5a	14.8ab	64.5a	43.8b
Seven Beauty								
SD treatment	10 days	43.3a	7.3a	11.4c	79.2b	20.3c	86.5c	7.8a
	20 days	58.6b	7.7ab	9.3b	78.5b	19.7c	85.0c	6.5a
	30 days	70.5c	8.0bc	8.9b	78.0b	18.4bc	78.3b	8.3a
Check		56.8b	7.9bc	11.8c	81.4b	21.1c	87.0c	6.3a

[z] When first true leaf was fully developed, seedling were covered with black cloth from 16 : 30 until 8 : 30 next day, for 10, 20 or 30 days.

[y] Mean in the same row followed by the same letters are not significantly at 0.05 probability level.

[x] Check plants were grown under natural day length in Mar.

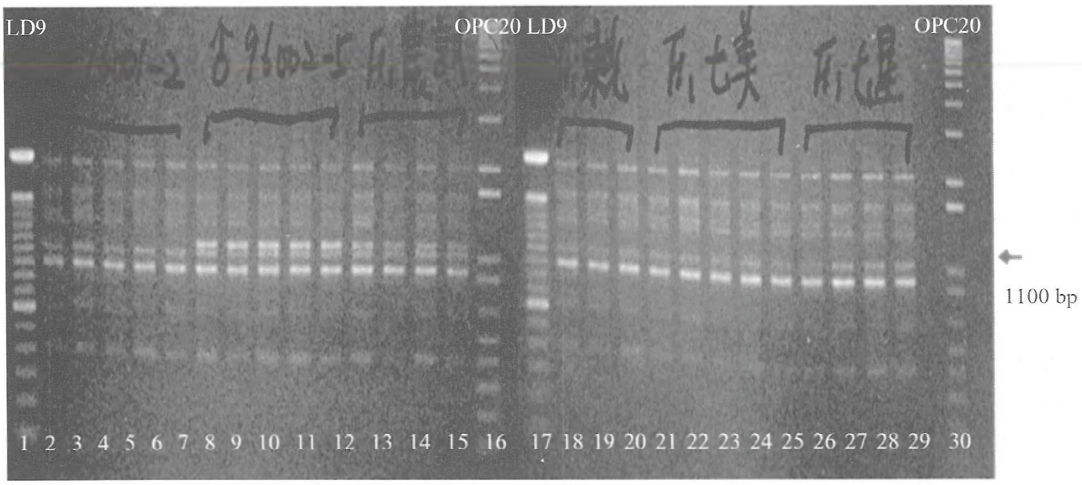

圖 1. 不同絲瓜品種(系)以 OPC20 逢機引子進行 PCR 分析所呈現的 RAPD 圖譜。
第 2-6 行爲台農 1 號之母本，7-11 行爲台農 1 號之父本，12-15 行爲台農 1 號，18-20 行爲'東光'品種，21-25 行爲'七美'品種，26-29 行爲'七星'品種。1 與 17 行爲 100bp 分子量標誌，第 16 與 30 行爲 1kb 分子量標誌。箭頭所指處爲 1100-bp 條帶所在位置。

Figure 1. The RAPD banding patterns of different genotypes in vegetable sponge revealed by the primer OPC20.
Lanes 2-6 : female parent of Tainung No.1, lanes 7-11 : male parent of Tainung No.1, lanes 12-15 : Tainung No.1, lanes 18-20 : 'Eastern Light', lanes 21-25 : 'Seven Beauty', lanes 26-29 : 'Seven Star', lane 1 and 17 : DNA 100 bp MW marker, lane 16 and 30 : DNA 1 KB marker. The position of 1,100-bp is indicated by arrow head.

（homozygote），本試驗亦曾就每一品系及品種逢機採用更多植株進行 RAPD 分析，發現同品系及品種內之植株所呈現的圖譜皆極一致（分析結果未列入本報告），此現象正可印證上述之推論。由父母本及其雜交後代(農試 181 號)間之圖譜，可知農試 181 號所含的 1100-bp 條帶係來自父本；該條帶在父本較濃，正合於孟德爾遺傳學原理，顯示 RAPD 標誌可明確反應出試驗材料的遺傳關係，因而可作為客觀可靠之鑑定依據。藉由 OPC20 引子所增幅之 1100-bp 條帶，除了對農試 181 號品種之鑑定和權益保護具有意義，尚可用於檢測種子純度，在未來推廣過程中可用來防止品種混雜與劣化。

誌　　謝

本育種計畫承行政院農業委員會經費補助，本所曹文隆先生、王毓華小姐協助資料分析，蔬菜研究室同仁協助品種純化、雜交授粉、田間管理、園藝性狀調查及評估等工作之協助，謹此深致謝忱。

引用文獻

1.中國農業科學院蔬菜研究所主編。1987。瓜類栽培。P.540-618。中國蔬菜栽培學。農業出版社。中國。

2.李曙軒。1997。蔬菜栽培生理。瓜類的栽培生理。P.346-392。上海科技出版社。中國。

3.胡凱康。2001。分子標誌在品種鑑定上之應用。P.87-97。兩岸種苗科技研討會專刊。中華種苗學會編印。台灣。

4.許秀惠、黃秋雄、張清安、楊偉正、張有明、蕭吉雄。1987。五種瓜類病毒在本省六種葫蘆科作物上之發生及分佈。植物保護學會會刊 29:233-244。

5.楊偉正、林秋雄。1979。絲瓜之育種行為研究。中華農業研究 28(1):51-56。

6.楊偉正。蕭吉雄。1988。絲瓜種間雜交育種。P.195-206。蔬菜品種改良研討會。台東區農業改良場。台灣。

7.楊偉正。1993。絲瓜栽培。台灣省政府農林廳編印。台灣。

8.臺灣省政府農林廳編印。1991。絲瓜。P.107-112。蔬菜作物育種程序及實施方法。台灣省政府農林廳。台灣。

9.鄔宏潘。1972。植物的適應性及其評價方法 科學農業 20:108136。

10.劉邦基。2000。遺傳標誌與作物品種專利。P.46-54。生物技術在永續農業之應用研討會專刊。農業試驗所編印。台灣。

11.盧守耕譯。1976。種間雜交。P.235-246。作物育種學導論。國立台灣大學農學院。台灣。

12.關佩聰。1990。絲瓜的光週期反應。園藝學報 17(2):126-132。

13.蕭吉雄、楊偉正。1993。主要瓜類蔬菜(胡瓜、絲瓜、苦瓜)四十年來之發展。P.249-262。臺灣蔬菜產業演進四十年專集。農業試驗所編印。台灣。

14.Bose, T. K. and Ghosh, M. S. 1975. Effect of photoperiod on growth and sex expression in some cucurbits. Indian J. Agric. Sci. 45(10):487-489.

15.Dellaporta, S. L., J. Wood, and J. B. Hicks. 1983. A plant DNA minipreparation: Version II. Pl. Mol. Biol. Rep. 1(4): 19-21.

16.Hsiao, C. H., Yang, W. Z., Y. Chang, Y. M. Wang, S. T., and Huang, C. H. 1993. Screening and breeding for resistance to viruses in Cucurbits. Plant Pathol. Bull. 2:241-248.

17.Skroch, P. W. and J. Niehuis. 1992. A RAPD protocol for the air thermo-cycler. The Rapid Cyclist 1(1): 9-10.

18.Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski, and S. V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18(22): 6531-6535.
19.Witter, C. T. 1992. Buffer and reaction components for rapid cycling. The Rapid Cyclist 1(1): 6-8.
20.Yarwood, C. E. 1957. Mechanical transmission of plant viruses. Adv. Virus Res. 4:243-274.

Breeding of the Vegetable Sponge F_1 Hybrid Cultivar 'Tainung No. 1'[1]

Wei-Zheng Yang[2], Chi-Hsiung Hsiao[3], Chiou-Hsiung Huang[4] and Pan-Chi Liou[2]

Summary

The newly released vegetable sponge 'Tainung No.1' is a F1 hybrid. The male parent was derived from eight generations of selfing of a local variety originally from Pintung area. The female parent was an inbred line, fixed from a series of backcrossing an interspecific hybrid (*Luffa aegyptiaca* 'Mu-kua' × *L. acutangula* 'CITC-70-181') as non-recurrent parent to *L. aegyptiaca* 'Mi-tun-kua' as re-current parent. The F1 hybrid variety 'Tainung No.1' has fruit of cylindrical type. This new variety has good vigor, predominantly female flowers and sets fruits early. Its fruit is in dark green color and with good quality. It has resistance to several viruses, including *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), type W isolate of *Papaya ringspot virus* (PRV-W), and *Melon vein-banding mosaic virus* (MVbMV). The fruit size of 'Tainung No.1' is about 20 cm long and 7 cm wide, and its fruit weights about 560 gr in average. With good crop management, the variety is capable of giving a yield of 55,000 kg/ha. The plant is insensitive to day-length, thus its cultivation can be scheduled not only in autumn, but also in summer season, and thus avoid the chill to seedlings in winter season. It is practical for off-season production. We also used molecular marker, i.e. RAPD, to identify different vegetable sponge varieties. It was found that a band of 1,100 bp amplified by a 10-mer primer "OPC20" was only obtained with 'Tainung No.1' and its male parent line. This polymorphic marker could be used for variety identification and seed purity test.

Key words : Vegetable sponge, Breeding, Interspecific hybridization, Disease resistance.

---

1. Contribution No.2131 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: November 20, 2002.
2. Respectively, Associate Horticulturist and Senior Horticulturist, Department of Horticulture, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Director of Taiwan Seed Improvement and Propagation Station, COA, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Former Senior Plant Pathologist, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: wauamg@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23338162.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(4):49~56(2002)

利用葉片圓盤接種法篩選甜瓜抗白粉病品種[1]

黃晉興[2,4]　王毓華[3]　羅朝村[2]

摘要：本研究利用接種白粉病菌於甜瓜葉片圓盤上，來快速檢測甜瓜品系對白粉病菌之抗感病性。其檢測方法如下：取苗齡 3 或 4 星期無病原菌感染之甜瓜植株上半部之新葉，經 1%次氯酸鈉溶液表面消毒 2～3 分鐘，無菌水漂洗三次後，以打孔器取下直徑 1.5 公分之葉片圓盤，正面朝上，置於盛有二層滅菌濾紙之容器中，添加適量之 M-solution 養液使濾紙完全濕潤並有游離水產生，以維持葉片圓盤之活力，以吹落分生孢子方式接種每平方公分 50～100 個孢子濃度之白粉病菌(*Sphaerotheca fuliginea* race 1)，容器加蓋密封置於 24℃ / 18℃(Day / night)光照 12 小時之定溫箱中，培養 10 天後記錄發病指數。在室內採用葉片圓盤法測試不同甜瓜品種對白粉病之抗感病性，並對照生長箱中幼苗接種及田間植株自然感染之結果，經分析顯示其兩者之相關性高(相關係數分別爲 r^2=0.9709 及 r^2=0.7924，p=0.05)。因此葉片圓盤接種法可應用於測定甜瓜品系對白粉病菌之抗感病性。

關鍵詞：甜瓜、白粉病、葉片圓盤接種法、抗病品種。

前　　言

台灣甜瓜白粉病主要由 *Sphaerotheca fuliginea* Schlecht. ex Fr.所引起(1)；發生期間常可見在甜瓜葉片、葉柄及莖部產生白粉狀病斑，影響作物光合作用，降低瓜果風味、品質及產量(1，19)；施用化學藥劑是栽培者最常使用的防治方法，但栽培期間施用次數頻繁，易導至病菌抗藥性的產生(1，13，19，20)，故育成抗白粉病之甜瓜品種，以減少白粉病的危害與化學藥劑的使用，已成爲育種人員之重要課題。

傳統抗病品種之選育工作常於田間種植各品系作物，以自然感染或人爲接種病原菌的方式來選取抗病品系，然而此種方法常會遭受其它病害及環境因子干擾(3，17)，而影響甜瓜抗白粉病品種之選育，因此國外有研究人員於溫室內接種白粉病菌以檢測甜瓜幼苗來篩選抗病品系(8)，雖較田間方便，但仍受限於溫室內之空間與環境條件。利用葉片圓盤接種法篩選抗病品系已被應用在大麥、馬鈴薯、咖啡及白楊木(2，6，10，11)，且已有許多學者利用切離葉或葉片圓盤接種法測定甜瓜白粉病菌生理小種及檢測抗感病甜瓜品種(4，7，9，12，14)，然而各學者使用之接種源濃度、接種溫度及時間各有差異。故本研究乃參考前人之方法，開發適合台灣甜瓜抗白粉病品種選育之葉片圓盤接種法，以作爲未來育種人員快速篩選之參考。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2133 號。接受日期：91 年 11 月 20 日。
2. 本所植病系助理研究、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所園藝系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：jhhuang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302806。

材料與方法

供試甜瓜

將金輝、銀輝、秋蜜、蜜世界、秋香、MR-1、PI-124112 及 IRAN-H 等各品種之甜瓜種植於盛有泥炭土(Bio-mix)之五吋塑膠盆(後三個品種來自法國 INRA 機構)，置於 28℃/ 22℃(Day / night)光照 12 小時(3500 lux)之生長箱中栽培，取植株之展開葉以自來水洗淨，再經消毒水(1%次氯酸鈉，並於 200ml 消毒水加入數滴 Tween-20 界面活性劑攪拌)表面消毒二~三分鐘，無菌水漂洗三次，吸乾游離水，再以經高溫滅菌後之金屬圓柱器具切取直徑 1.5cm 葉片圓盤，置於盛有二層濾紙之耐熱密盒(20×15×5cm)，或直徑 9 或 5cm 塑膠培養皿內，添加適量含有 50ppm tetracyclin 之 M-solution(mannitol 10,000ppm 及 benzimidazole 30ppm 之水溶液)[9]使濾紙完全濕潤並有游離水產生，以維持葉片圓盤之活力。先前試驗顯示各品種 4 星期苗齡之第一及 5 星期苗齡之第二、三位葉之葉片圓盤於接種 10 天後易褐化，不易調查，而同一品種各位葉之抗感病性反應無差異，3 星期苗齡雖可測試相同之抗感病反應，但葉片太小，不易取得；故以苗齡 5 星期之第 4~7 葉及苗齡 4 星期之第 3、4 葉片(即整株植株上半部之新展開葉片)爲爾後供試材料。

白粉菌菌株之分離、保存及接種源備製

從台中縣霧峰鄉農業試驗所各品種甜瓜栽培田取回感染白粉病菌之葉片，將孢子吹落於附有水瓊脂塊之玻片上，再將玻片放入培養皿濕室內，二十四小時後，於解剖顯微鏡下挑取已發芽之單一白粉病菌孢子，移植於前述培養皿之葉片圓盤上(IRAN-H 品種)，於 16℃(光照 12 小時)之定溫箱中培養 12～16 天，使白粉病菌長滿整個葉片圓盤作爲接種源。而長滿白粉病菌之葉片圓盤於 16℃定溫箱自然乾燥 4 天後，密封於 2.5ml 之玻璃安瓶中，於-25℃之冷凍櫃或液態氮容器內長期保存。本試驗以分離自金輝品種之白粉病菌分離株 9912-WF-A1 爲供試菌株，由菌絲生長情形、吸器、分生孢子柄、足細胞(foot-cell)、產孢細胞(generative cell)，孢子串外緣、分生孢子形態大小、皿狀物(fibrosin body)及發芽管之特性鑑定爲 *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. ex Fr.) [1,5,16,18,20]。本供試菌於 IRAN-H 及 Vedrantais 品種產生感病現象，而 PMR- 45、PMR-5、Edisto-47、MR-1、PI-124112 則呈抗病反應，確定爲 race 1[14,15]。

接種方法及病害調查

將上述盛有葉片圓盤之密盒或培養皿置於高 70cm、底 28cm 之圓椎管底部，並於葉片旁放置有數塊 1cm^2 水瓊脂平板之載玻片，於圓椎管上管口以加壓氣流將培養於葉片圓盤之白粉病菌孢子直接吹落於盛於容器之葉片圓盤上(供試孢子之發芽率 50～65%)，而載玻片上之水瓊脂塊置於光學顯微鏡下計量接種源濃度(每平方公分之孢子量)，爾後置於 24℃/ 18℃(Day / night)光照 12 小時(或其他溫度)之定溫箱中培養，定時記錄發病指數。發病指數分爲 0～9 共 10 級[9,14]：0 級-無病斑；1 級-病斑佔葉面積 10%；3 級-病斑佔葉面積 50%；5 級-病斑佔葉面積 80%；7 級-病斑佔葉面積 100%但孢子量稀薄；9 級-病斑佔葉面積 100%而孢子量厚實且葉片圓盤褐化，未詳述之級數依病害嚴重程度斟酌訂定。若接種整株植物則調查接種葉，於田間自然感染，果實採收前，每株由老葉至新展開葉均勻選取 10 葉調查(若少於 10 葉則全數選取)，以調查葉之平均病斑面積視爲該植株之發病度。

接種源濃度及接種時間對甜瓜葉片圓盤白粉病之影響

盛於密閉盒之甜瓜葉片圓盤(金輝品種)接種白粉病菌供試菌株 9912-WF-A1，接種源濃度爲 10、50、100 或 300 spore/cm^2(誤差 10%)，置於 24℃/18℃(日／夜溫)，光照 12 小時之定溫箱中，經 2、4、6、8、10、12 及 14 天後記錄發病指數，每處理三重複，以不接種白粉病菌爲對照。

接種溫度對甜瓜葉片圓盤白粉病之影響

取甜瓜(金輝、銀輝、秋蜜、蜜世界、秋香、MR-1 及 PI-124112)苗齡 4 或 5 星期植株之上半部展開葉，接種白粉病菌 9912-WF-A1 供試菌株 50～100 spore/cm^2，置於 8~36℃(每 2 或 4℃爲間隔)，及

日 24℃夜 18℃之定溫箱中，每日光照 12 小時，接種後 10 天記錄發病指數，每處理三重複，以不接種白粉病菌爲對照。

葉片圓盤接種法與甜瓜幼苗生長箱接種及田間自然感染之相關性

將甜瓜品種(金輝、銀輝、秋蜜、蜜世界、秋香、MR-1 及 PI-124112)於生長箱中栽培 4 星期(約有 3 或 4 片眞葉)，取第一片眞葉以前述方法做成葉片圓盤，並以 50～100 spore/cm^2 之濃度接種 9912-WF-A1 菌株，於 24℃/ 18℃(Day / night)光照 12 小時之定溫箱中 10 天後記錄發病指數；該葉片所屬之植株以相同方式於高 120cm、底 60cm 之圓椎管內接種相同接種濃度，接種後，栽植盆再套上 45cm 高、上下露空之塑膠套，避免白粉病菌飛散，置於 24℃/ 18℃(Day / night)光照 12 小時之生長箱中 14 天後記錄經接種葉片之發病度，每處理四重複。另將六十個甜瓜品系育苗於生長箱中，在苗期每一株取一展開葉，每一葉二～三個葉片圓盤，利用葉片圓盤接種法測試對供試白粉病菌之抗感病性，將各品種 6 株之平均發病指數視爲該品種之發病指數，取葉後之幼苗於 2000 年春季種植於台中縣霧峰鄉農業試驗所試驗田，每品種 6 株，讓植株自然感染白粉病，二個月後於採收期，每株由新展開葉至老葉均勻選取 10 葉調查(若少於 10 葉則全數選取)，記錄其發病度，將各品種 6 株之平均發病度視爲該品種之發病度，以迴歸統計方法分析葉片圓盤接種法與生長箱幼苗接種及田間自然感染白粉病菌之相關性。

結　果

接種源濃度、時間對甜瓜葉片圓盤白粉病之影響

甜瓜葉片圓盤接種後 4 天時無法以肉眼看到病斑；接種 6 天時高濃度病原之處理出現明顯白粉病斑，可見在 24℃ / 18℃(Day / night)之環境中，甜瓜白粉病菌 *Sphaerotheca fuliginea*(菌株代號 9912-WF-A1)在 6 天內即可繁殖產孢至肉眼可見的程度；10 天後接種 300 spore/cm^2 之處理發度指數達 9(最高)，接種 50、100 spore/cm^2 發度指數分別爲 7.3 及 8.0，但兩者無統計上之差異(圖 1)；12 天以後大部分的葉片圓盤褐化，不易調查，而對照組亦輕微褐化。

接種溫度對甜瓜葉片圓盤白粉病之影響

接種 10 天後，白粉病菌在 16℃~28℃於各品種甜瓜之葉片圓盤能造成病斑，以 18～24℃較嚴重，金輝、秋蜜、蜜世界等發病指數 6.5～8.3，銀輝及秋香則爲 3.3～5.5， MR-1 及 PI-124112 品種之發病指數爲 0～0.2，出現輕微病徵(表 1)。24/18℃(日/夜溫)之環境中病害指數穩定，且葉片圓盤較易維持翠綠。12℃之環境中，金輝、蜜世界、秋蜜、秋香及銀輝品種於接種 3 星期後僅有輕微之病斑出現，因此本研究以接種孢子濃度 50~100 spore/cm^2 於 24/18℃下經 10 天後調查，作爲接種試驗之標準。

甜瓜葉片圓盤接種法與甜瓜幼苗生長箱接種及田間自然感染之相關性測定

利用葉片圓盤接種法與盆栽植株接種法所獲得之病害嚴重程度兩者相關性極高，由葉片圓盤接種法之罹病指數(disease index)與盆栽接種呈現之發病度(disease severity)間之直線迴歸分析得知，兩者呈顯著正相關(圖 2，r^2=0.9709，p=0.05)，其中金輝、秋蜜、蜜世界呈現感病現象，MR-1 及 PI-124112 呈現抗病，而銀輝、秋香病勢中等。於田間栽培之六十個測試品系中，有二十八個品系於葉片圓盤接種法發病指數＜3，且於田間栽培呈現抗病現象；於葉片圓盤接種法有五個品種發病指數 3～6，而於田間栽培則多數呈現中感及部分品種呈感病現象；於葉片圓盤接種法發病指數＞6，田間栽培也多呈現感病現象，部分品種中感。由葉片圓盤接種法之罹病指數與田間自然感染呈現之發病度間之直線迴歸分析呈顯著正相關(r^2=0.7924，p=0.05)。

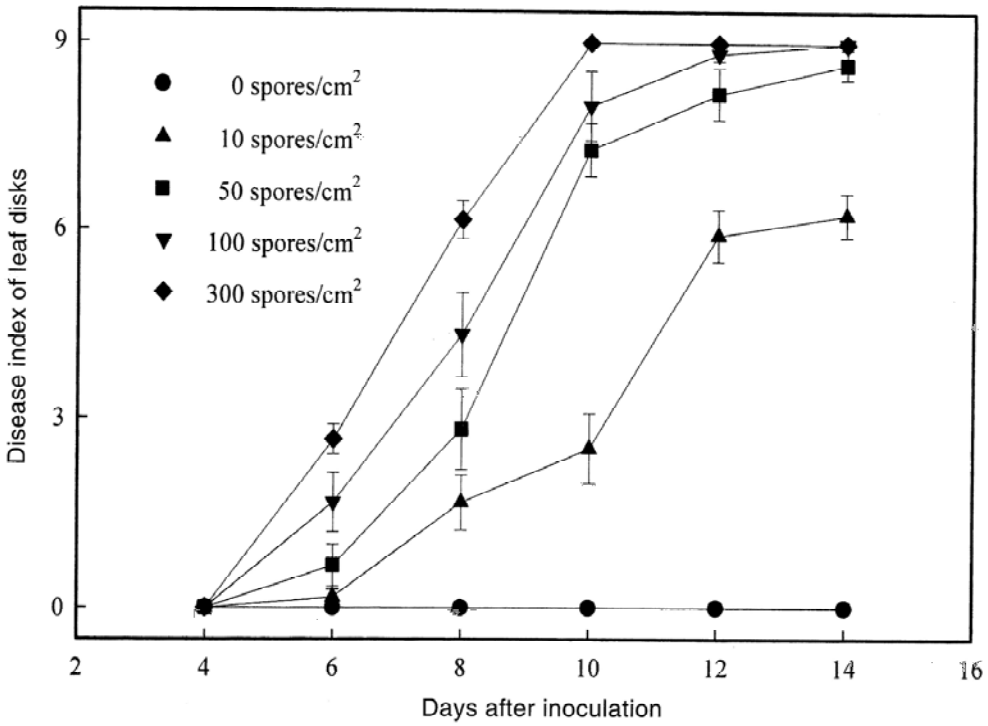

圖 1. 以葉片圓盤測試接種源濃度與金輝甜瓜白粉病病勢進展的關係。

Fig. 1. Effect of concentration of *Sphaerotheca fuliginea* race 1 on development of powdery mildew on Zinhue melon leaf discs.

表 1. 溫度對葉片圓盤接種白粉病菌後發病之影響

Table 1. Effect of temperatures on the disease index of powdery mildew on melon leaf-disks inoculated with *Sphaerotheca fuliginea* race 1

	Disease index [z]						
Temp.(℃)	Zinhue	Mihsije	Cheomi	Inhue	Cheohsian	MR-1	PI-124112
8℃	0	0	0	0	0	0	0
12℃	0	0	0	0	0	0	0
16℃	3.8 c	5.4 b	4.0 c	2.8 b	1.5 b	0.2 a	0.1 a
18℃	6.5 b	7.9 a	7.3 a	3.3 ab	5.3 a	0	0.1 a
20℃	7.5 a	7.8 a	8.2 a	4.5 a	5.5 a	0.1 a	0.2 a
24℃	8.3 a	8.1 a	7.4 a	4.7 a	5.3 a	0.2 a	0
28℃	2.9 c	1.4 c	4.0 c	1.6 c	1.4 b	0	0
32℃	0	0	0	0	0	0	0
24/18℃ [y]	7.7 a	7.9 a	8.1 a	4.1 a	5.5 a	0	0

[z] 1.5 cm in diam. Leaf disks were inowlated with 50-100 spores/cm^2, date were taken at the 10 days after inoculation , and disease index was classified from 0 to 9, depend on the leaf-disc from health to compeletely infected. Means in the same column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) according to Duncan's multiple range test.

[y] 24/18℃=day/night temperatere.

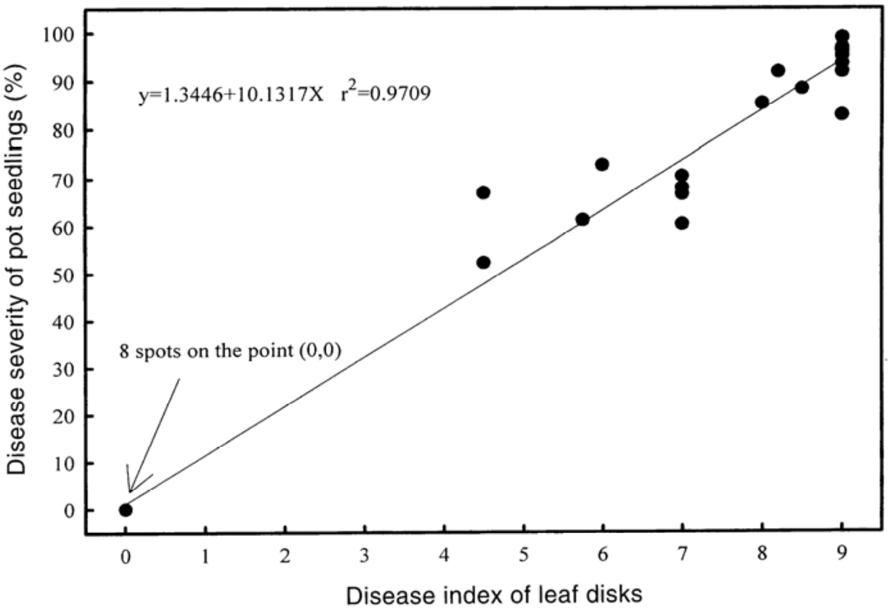

圖 2. 甜瓜葉片圓盤之白粉病發病指數與生長箱接種幼苗之發病度間的相關性。

Fig. 2. The correlation between disease index using leaf-disks assay and disease severity using the method of seedlings inoculation in growth chamber.

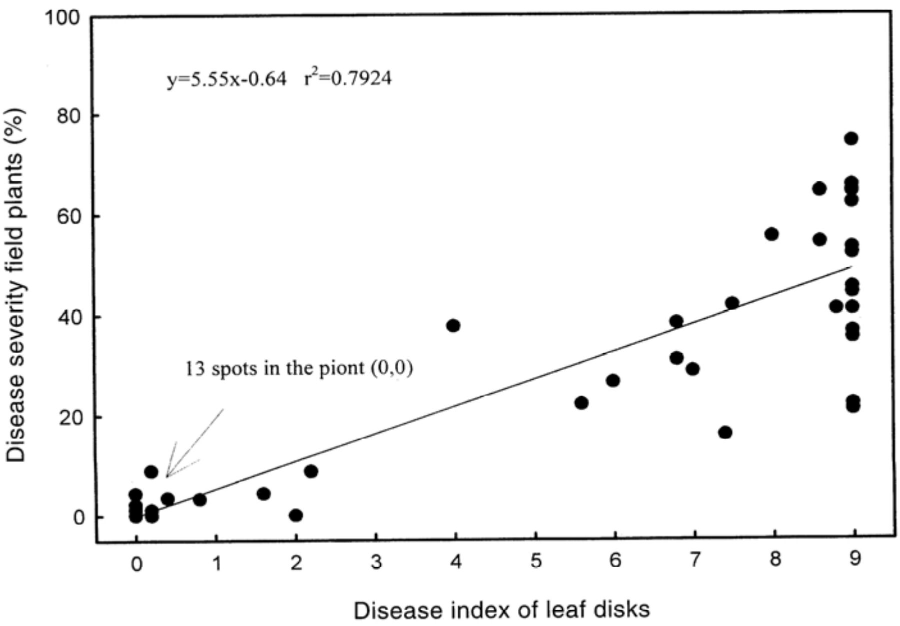

圖 3. 甜瓜葉片圓盤之白粉病發病指數與田間植株自然感染之發病度間的相關性。

Fig. 3. The correlation between disease index of Leaf disk and disease severity of plants naturally infected in the field.

討 論

本試驗以金輝品種為範例，探討整個葉片圓盤之接種模式為：取苗齡3或4星期之甜瓜植株上半部展開葉之葉片圓盤，以50～100 spore/cm^2之濃度接種，置於24℃ / 18℃(Day / night)光照12小時之定溫箱中10天後記錄發病指數(1—9級)最佳。在葉片表面消毒之過程中，浸漬於1%次氯酸鈉溶液以2—3分鐘最為恰當，時間太短則消毒不完全，太長則容易傷害葉片；而葉片正反面皆可感染白粉病菌，但以正面之白粉病病斑較為明顯，且較易判讀。

許多學者利用切離葉或葉片圓盤接種法測定甜瓜白粉病菌生理小種及檢測抗感病甜瓜品種[4，7，9，12，14]，然而使用之接種源濃度、接種溫度及時間各有差異，如接種源濃度100～500spore/cm^2，接種時間7～10天範圍差異甚大，而接種溫度有24℃/18℃(day/night)及定溫25℃等模式，經筆者測試發現接種源濃度及接種時間會影響發病指數判讀(圖1)，在適合發病的環境下，接種條件應予以固定，否則對於中抗甜瓜品種之抗感病性判讀有所影響。

雖然有試驗[7]指出部分抗病品系 3～4 星期苗齡的第一及第二片眞葉之葉片圓盤會呈現感染的情形，但病斑不易由肉眼視別，而本研究發現以植株上半部之新葉為材料可避免干擾。試驗結果發現以葉片圓盤接種甜瓜白粉病菌，通常會造成比田間自然感染病害更嚴重之反應(圖3)，可能因為葉片圓盤接種法之環境因子(溫度 18～24℃及高濕度，表 1)較田間適合發病，或切離葉本身較感病，故部分於葉片圓盤接種法檢測為感病之品種，於田間卻出現病害較輕之現象，但以此法所測定抗病反應者，於田間對該測定病原菌之生理小種均呈現抗病反應。

台灣甜瓜白粉病菌(*Sphaerotheca fuliginea*)之生理小種一直未被探討[1]，主要原因是沒有適當的甜瓜鑑別品種及準確而簡單的接種方法，利用葉片圓盤接種法可簡單而快速測定白粉病菌之生理小種。作者於1999至2001年間，採集農試所試驗田間18個菌株，經來自法國的甜瓜鑑別品種檢測後，確定皆為race 1，且PMR-45品種(抗race 0及1[14，15])於2000～2001年三個栽培季中皆呈現抗病反應(未發表之資料)，顯示試驗田於試驗期間出現的白粉病菌為race 1，而所選育之抗病品種能抗race 1，對於其它生理小種之抗感病反應則需進一步測定才能得知，至於台灣其它甜瓜栽培區是否有不同的生理小種的存在，可在蒐集病菌後，利用葉片圓盤接種法進一步檢定。

誌 謝

本研究係行政院農委會補助部分經費，法國INRA機構Dr. Pitrat、Dr. Dogimont及Dr. Bardin提供甜瓜鑑別品種及葉片圓盤接種資訊，農委會防檢局郭克忠博士、嘉義大學蔡竹固博士提供白粉菌保存及培養資訊，一併誌謝。

引用文獻

1.蔡竹固、童伯開。1995。瓜類白粉病。p.135-146。瓜類作物保護技術研討會專刊。中華植物保護學會編印。嘉義。

2.Arabi, M. I., A. Sarrafi, G. Barrault, and L. Albertini. 1991. An improved technique for determining net blotch resistance in barley. Plant Dis. 75:703-706.

3.Aust, H. J. 1986. Microclimate in relation to epidemics of powdery mildew. Annu. Rev. Phytopathol. 24:491-510.

4.Bardin, M., P. C. Nicot, P. Normand, and J. M. Lemaire. 1997. Virulence variation and DNA polymorphism in *Sphaerotheca fuliginea*, causal agent of powdery mildew of cucurbits. Eu. J. Plant Pathol 103:545-554.

5.Boesewinkel H. J. 1980. The morphology of the imperfect states of powdery mildews (Erysiphaceae). Bot. Rev. 46:167-224.

6.Bussey, M. J., and W. R. Stevenson. 1991. A leaf disk assay for detection resistance to early blight caused by *Alternaria solani* in juvenile potato plants. Plant Dis. 75:385-390.

7.Cohen, R. 1993. A leaf disk assay for detection of resistance of melons to *Sphaerotheca fuliginea* race 1. Plant Dis. 77:513-517

8.Cohen, S., and Y. Cohen. 1986. Genetics and nature of resistance to race 2 of *Sphaerotheca fuliginea* in *Cucumis melo* PI 124111. Phytopathology 76:1165-1167.

9.Epinet, C., M. Pitrat, and F. Bertrand. 1993. Genetic analysis of resistance of five melon lines to powdery mildew. Euphytica 65:135-144.

10.Eskes, A. B., 1982. The use of leaf disk inoculations in assessing resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). Neth. J. Plant Pathol. 88: 127-141.

11.Hamelin, R. C., R. S. Ferriss, L. Shain, and B. A. Thielges. 1994. Prediction of poplar leaf rust epidemics from a leaf-disk assay. Can. J. For. Res. 24:2085-2088.

12.Kaur, J., and J. S. Jhooty. 1986. Presence of race 3 of *Sphaerotheca fuliginea* on muskmelon in Punjab. Indian Phytopathol. 39:297-299.

13.Khadar, A. S., and Y. A. Abdou 1972. Comparison of systemic and contact fungicides for control of powdery mildew on squash and cucumber. Plant Dis. Rep. 56:878-881.

14.Mohamed, Y. F., M. Bardin, P. C. Nicot, and M. Pitrat. 1995. Causal agents of powdery mildew of cucurbit in Sudan. Plant Dis. 79:634 –636.

15.Pitrat, M., C. Dogimont, and M. Bardin. 1998. Resistance to fungal diseases of foliage in melon. Cucurbitaceae 98:167-173.

16.Reifschneider, F. J. B., L. S. Boiteux, and E. M. Occhiena. 1985. Powdery mildew of melon (*Cucumis melo*) caused by *Sphaerotheca fuliginea* in Brazil. Plant Dis. 69:1069-1070.

17.Schnathorst, W. C. 1965. Environmental relationships in the powdery mildews. Annu. Rev. Phytopathol. 3:343-363.

18.Shin, H. D., anc Y. J. La. 1993. Morphology of edge lines of chained immature conidia on conidiophores in powdery mildew fungi and their taxonomic significance. Mycotaxon 46:445-451.

19.Sitterly, W. R. 1978. Powdery mildew of cucurbits. p. 359-377. *in* : The Powdery Mildews. Spencer, D. M. (ed). Academic Press, New York. 565 pp.

20.Zitter, T. A., Hopkins, D. L., and Thomas, C. E. 1996. Compendium of Cucurbit Disease. APS. USA. 87 pp.

Development of Leaf-Disk Method for Screening Melon Varieties Resistant to *Sphaerotheca fuliginea* Race[1]

Jin-Hsing Huang [2,4], Yu-Hwa Wang [3] and Chaur-Tsuen Lo [2]

Summary

A leaf-disk method was developed for disease assessment of melon powdery mildew caused by *Sphaerotheca fuliginea* race 1. Melon seedlings grown in growth chamber for 4 to 5 weeks were used to prepare leaf disks. The new spread leaves of melon seedling were surface-sterilized by dipping in 1% sodium hypochlorite solution for 2—3 minutes, and rinsed in sterile distilled water three times. The surface-sterilized leaves were individually cut into 15-mm diameter leaf disks with a sterile cork border. The abaxial-up leaf disks were then placed in container with 2 pieces of sterilized filter papers. Suitable volume of M-solution was added to the filter papers to maintain vitality of the leaf disks. The leaf disks were inoculated with conidia (50～100 spores/cm^2) of the pathogen, and then were incubated at 24℃/18℃ (day/night) with a 12 hrs photoperiod for 10 days. For disease severity evaluation, results showed that there be a positive correlation among leaf-disk assay, seedling inoculation in growth chamber, and melon plants infected naturally in field. The relative coefficients (r^2) between leaf-disks assay and seedling inoculation, and naturally infected plants were 0.9709 and 0.7924, respectively (p=0.05).

Key words： Melon, Powdery mildew, Leaf disk, Resistant varieties.

1. Contribution No.2133 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : November 20, 2002.
2. Assistant Researcher and Senior Plantpathologist, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Department of Horticulture, TARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: jhhuang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(4):57~65(2002)

臺灣地區冬季綠肥作物對水稻田根部寄生性線蟲存活之影響[1]

陳殿義[2]　顏志恒[3]　蔡東纂[4,5]

摘要：於 1995 年 1 月至 2 月期間持續 1–3 次採樣調查彰化縣秀水、埔鹽、福興、竹塘、溪州及田中；台中縣霧峰、草屯、龍井、清水；苗栗縣苑裡、通宵、後龍及苗栗市等地區之二期水稻田收成後，輪作油菜、埃及三葉草及苕子等綠肥作物對土壤中植物寄生性線蟲存活之影響。在所檢測之 42 處水稻田，共計有水稻穿根線蟲(*Hirschmanniella* spp.)、螺旋線蟲(*Helicotylenchus* spp.)、矮化線蟲 (*Tylenchorhynchus* spp.)、根瘤線蟲(*Meloidogyne* spp.)及 *Tylenchus* spp.等 5 屬線蟲，其出現頻率(appearance frequency)分別為 100％、73.8％、76.2％、19％及 92.9％。在同一水稻田區塊中，有覆蓋前述綠肥作物區域之水稻穿根線蟲的密度比未覆蓋區域皆有下降之趨勢，其中在部分線蟲密度較高田區之效果更加明顯，另外對螺旋線蟲、矮化線蟲及 *Tylenchus* spp.也有部分相同情形，但其結果較不一致，至於對根瘤線蟲則不明顯。

關鍵詞：綠肥作物、植物寄生性線蟲、水稻穿根線蟲、存活。

前　　言

水稻為地球上最重要的糧食作物，全世界超過 50％的人口以稻米為主食，而亞洲地區國家則生產並消費全部 90％以上的稻米[9]。臺灣是東南亞地區主要稻米產地之一，然由於人口眾多且耕地面積有限，因此在過去農業社會對於提升稻田單位面積產量之期望甚殷，因此與水稻相關之生理、育種、土壤、肥料及病蟲害防治等之研究均極為重視，惟對水稻線蟲病害，除水稻白尖病(rice white tip disease)病原線蟲(*Aphelenchoides besseyi*)外，其他根部寄生性線蟲則乏人注意。

水稻之病原線蟲依寄生部位可分為地上部和地下部寄生兩類線蟲，前者取食莖、葉及花器；後者取食根部組織。目前全世界已知或被評估可能造成稻米產量減少的病原線蟲共計有 10 屬 27 種，其中根部寄生線蟲包括環紋線蟲(*Criconemoides onoensis*)、包囊線蟲(*Heterodera* spp.)、水稻穿根線蟲(*Hirschmanniella* spp.)、矛線蟲(*Hoplolaimus indicus*)、根瘤線蟲(*Meloidogyne* spp.)、針線蟲(*Paralongidorus australis*)、根腐線蟲(*Pratylenchus* spp.)及劍線蟲(*Xiphinema ifacolum*)等[9]，另外 *Tylenchorhynchus martini* 和 *Helicotylenchus abunaamai* 雖會感染稻之根部，但對水稻產量之影響則無法獲得證實[17,25]，然依世界各地區水稻栽培環境

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2134 號。接受日期：91 年 11 月 22 日。
2. 本所植物病理組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立中興大學農業推廣中心助理研究員。臺灣省　臺中市。
4. 國立中興大學植物病理系副教授。臺灣省　臺中市。
5. 通訊作者，電子郵件：tttsay@mail.nchu.edu.tw；傳真機：(04)22876712。

之不同，其主要病原線蟲種類也隨之而異。台灣之水稻大部分以灌溉田(irrigated)方式栽培，其主要線蟲病害包括由地上部之葉芽線蟲所引起之水稻白尖病[2,4,5]，而稻莖線蟲(*Ditylenchus angustus*)所引起之“Ufra”病害則尚未有發生記錄；另外地下部根部寄生性線蟲，根據林氏 1969 至 1970 年止之全省調查報告，包括 *Hirschmanniella oryzae*, *H. gracilis*, *Helicotylenchus crenacauda*, *Tylenchorhynchus martini*, *Criconemoides* sp., *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus* sp., *Xiphinema* sp.,及 *Trichodorus* sp.,等共 9 種，而就分佈廣度和蟲口密度高低而言，以前 5 種線蟲較為重要[1]，其中水稻穿根線蟲造成稻苗早期生育受阻、分櫱減少及降低稻米產量之報告最多[6,12,16,18,20,26,29,30]。

一般植物寄生性線蟲之防治方法包括休耕(fallow)、淹水(flooding)、抗病品種(resistant cultivars)、輪作(rotation)非寄主作物、化學藥劑處理苗床和田地、種苗浸根及種子粉衣等方法。本省由於地狹人稠及農民勤勞之習性，休耕方法常難以推行，而眞正有效之抗病品種則尚未可得，至於大部分屬於劇毒性殺線蟲藥劑對水稻田生態環境破壞及地下水污染，不言可喻。臺灣近年來由於工商業日益繁榮，人民經濟水平相對提升，對生活環境和飲食安全逐漸重視，強調不施用化學肥料和農藥之「有機農業」推廣正方興未艾。因此本研究之目的即在調查本省中部地區二期水稻收成後，植物根圈土壤中之寄生性線蟲相，以及該地區農民習慣常用之冬季綠肥作物如油菜、埃及三葉草及苕子等對線蟲消長存活之影響，以做為水稻線蟲防治及有機栽培之參考依據。

材料與方法

在 1995 年 1 月至 2 月期間，自本省中部地區之苗栗縣(苗栗市、後龍鎮、通宵鎮、苑裡鎮)、台中縣(龍井鄉、清水鎮、霧峰鄉)、南投縣(草屯鎮)及彰化縣(田中鎮、福興鄉、溪州鄉、竹塘鄉、埔鹽鄉、秀水鄉)等共計 14 鄉鎮市，合計調查採集 42 處水稻田土樣，其中種植油菜、苕子和埃及三葉草的田區數目分別為 19、12 及 11 個，而每塊田區之調查次數則視各綠肥作物生育情況，連續採集土樣 1-3 次。三種綠肥作物之每塊田區，依面積大小逢機採取 5-10 點根圈土，混合後成為 1 包土樣，另外以同樣方式在同一塊田中採取未覆蓋綠肥作物之田土，此一土樣為每塊田區之對照組處理。前述每包土樣至少 500 公克，每包土樣分成 4 個各 100 公克之次樣品，再以改良式柏門氏漏斗分離法(modified Baermann's funnel method)[3,10]分離線蟲，所得之線蟲懸浮液倒入鏡檢皿中，移至 12-80 放大倍率之解剖顯微鏡下靜置後加以檢視，以血球計數器記錄各屬線蟲之數目。

結　　果

中部地區冬季水稻田之植物寄生性線蟲相及其出現頻率

自本省中部地區之苗栗縣(苗栗市、後龍鎮、通宵鎮、苑裡鎮)、台中縣(龍井鄉、清水鎮、霧峰鄉)、彰化縣(田中鎮、福興鄉、溪州鄉、竹塘鄉、埔鹽鄉、秀水鄉)及南投縣(草屯鎮)等共計 14 鄉鎮，合計調查採集 42 處水稻田土樣(表 1.2.3)，共計發現 *Hirschmanniella*、*Helicotylenchus*、*Tylenchorhynchus*、*Tylenchus* 及 *Meloidogyne* 等 5 屬植物寄生性線蟲，其出現頻率分別為 100％、73.8％、76.2％、92.9％及 19％。在苗栗縣所調查之 10 處水田中，水稻穿根線蟲的平均密度為 1.9 隻，其中密度最高為後龍鄉地區一處的 3.75 隻(表 2)；在台中縣之 7 處田區中，該線蟲之平均密度為 2.5 隻，最高密度為龍井鄉地區一處的 8.25 隻(表 1)；在彰化縣之 21 個田區中，該線蟲之平均密度 16.7 隻，其中以在竹塘鄉一處水田之 84 隻為最高(表 3)；在南投縣草屯鎮的 4 處田區，此一線蟲之最高密度為 2.25 隻。至於螺旋線蟲方面，以龍井鄉、草屯鎮及霧峰鄉等共 7 處田區之密度較高，其中以龍井鄉一處之 105.75 隻為最高(表 1)，其他地區之密度則相對較低，其中以彰化縣地區為最明顯；在矮化線蟲方面，在三個主要調查縣之密度皆不高，其中亦以彰化縣地區為最低，最高密度僅為 4 隻；*Tylenchus* spp.方面，在三個主要調查地區中，該線蟲之密度呈現極大差異，

表 1. 油菜綠肥作物對水稻田植物寄生性線蟲存活之影響

Table 1. Effect of field mustard (*Brassica campestris*) green manure on the survival of plant-parasitic nematodes in rice fields

Location		*Hirschmanniella* spp.			*Helicotylenchus* spp.			*Tylenchorhynchus* spp.			*Tylenchus* spp.			*Meloidogyne* spp.		
		1[z]	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Lung-	1	.25 b[y]	2.00 a	0.50 a	13.25 b	24.00 a	5.25 b	1.50 b	4.00 a	0.50 a	2.00 a	3.50 a	0 a	2.75 a	0 a	0.75 a
jing	CK[x]	8.25 a	1.75 a	1.25 a	58.75 a	31.25 a	30.25 a	8.00 a	4.75 a	1.75 a	3.00 a	2.00 a	1.00 a	4.25 a	2.50 a	0.50 a
(龍井鄉)	2	—[w]	1.00 a	0.50 a	—	56.25 b	81.25 a	—	1.50 b	2.00 a	—	1.00 a	1.00 a	—	0	0
	CK	—	2.50 a	0 a	—	105.75 a	32.00 b	—	6.75 a	3.25 a	—	2.00 a	3.25 a	—	0	0
Ching-	1	0.75 a	1.25 a	—	0	0 a	—	0	0	—	53.75 a	7.00 a	—	0 a	0	—
shuei	CK	2.50 a	0.50 a	—	0	0.25 a	—	0	0	—	17.50 b	4.25 a	—	0.25 a	0	—
(清水鎮)	2	1.25 a	1.50 a	—	0 a	0.25	—	0.25	0.50 a	—	61.75 a	3.75 b	—	0	0	—
	CK	1.75 a	2.50 a	—	0.25 a	0.25	—	0.25	0 a	—	6.25 b	89.50 a	—	0	0	—
	3	—	0.50 a	0.75	—	1.00 b	2.00 a	—	0.25 a	0 a	—	5.50 a	3.75 a	—	0	0
	CK	—	1.00 a	0.75	—	5.50 a	4.00 a	—	2.00 a	1.75 a	—	10.00 a	12.25 a	—	0	0
Tsautuen	1	1.75 a	0 a	—	6.75 a	18.50 a	—	6.75 a	1.50 a	—	20.75 a	7.25 a	—	0.50 a	0.25 a	—
(草屯鎮)	CK	0.75 a	1.25 a	—	1.00 b	0.75 b	—	0 b	0.25 a	—	2.25 b	11.50 a	—	0 a	0 a	—
	2	0.75 a	0	—	13.25 a	4.25 b	—	2.50 a	1.00 b	—	2.25 a	2.75 a	—	0.50 a	0 b	—
	CK	1.00 a	0	—	7.25 a	42.25 a	—	1.25 a	3.25 a	—	1.75 a	3.00 a	—	0 a	2.00 a	—
	3	0.25 b	1.25 a	—	3.75 a	8.50 a	—	0.50 a	9.25 a	—	0.75 b	9.75 a	—	1.75 a	0	—
	CK	2.25 a	1.00 a	—	8.50 a	11.75 a	—	3.00 a	3.50 a	—	17.00 a	3.75 a	—	0 a	0	—
Wufeng	1	—	0.50	0.25 a	—	15.25 a	4.50	—	0.50 a	0.75 a	—	2.50 a	1.75 a	—	0	0
(霧峰鄉)	CK	—	0.50	0.50 a	—	1.25 b	4.50	—	0 a	0.50 a	—	1.75 a	3.75 a	—	0	0
	2	—	2.25 a	—	—	5.00 b	—	—	3.25 a	—	—	25.25 a	—	—	0	—
	CK	—	1.00 a	—	—	13.75 a	—	—	7.25 a	—	—	20.00 a	—	—	0	—
Yuanli	1	—	0 b	0.50 b	—	0	0	—	0	0	—	33.60 a	6.50 b	—	0	0
(苑裡鎮)	CK	—	2.00 a	3.25 a	—	0	0	—	0	0	—	28.75 a	23.75 a	—	0	0
	2	—	0 b	0.25 b	—	0.25 a	0 b	—	0 b	0 b	—	1.50 b	8.75 b	—	0	0
	CK	—	2.50 a	3.25 a	—	1.00 a	3.50 a	—	3.00 a	2.50 a	—	56.25 a	198.00 a	—	0	0
Tianjung	1	—	1.50 a	—	—	0 a	—	—	0	—	—	0 a	—	—	0	—
(田中鎮)	CK	—	1.75 a	—	—	0.50 a	—	—	0	—	—	1.25 a	—	—	0	—
	2	—	3.50 a	—	—	1.25 a	—	—	1.00 a	—	—	6.50 a	—	—	0	—
	CK	—	5.00 a	—	—	0.50 a	—	—	0.25 a	—	—	0 b	—	—	0	—
Shijou	1	—	10.75 b	—	—	0.50	—	—	1.50 a	—	—	5.50 a	—	—	0	—
(溪州鄉)	CK	—	28.75 a	—	—	0.50	—	—	0.25 a	—	—	0 b	—	—	0	—
	2	—	11.75 a	—	—	0.25 a	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
	CK	—	7.25 a	—	—	0 a	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Jutang	1	—	3.50 b	—	—	0	—	—	0 a	—	—	0 a	—	—	0	—
(竹塘鄉)	CK	—	12.00 a	—	—	0	—	—	0.25 a	—	—	0.75 a	—	—	0	—
	2	—	6.50 b	—	—	0	—	—	0	—	—	0.25	—	—	0	—
	CK	—	21.00 a	—	—	0	—	—	0	—	—	0.25	—	—	0	—
	3	—	29.50 b	—	—	0	—	—	0	—	—	0.50 a	—	—	0	—
	CK	—	84.00 a	—	—	0	—	—	0	—	—	0 a	—	—	0	—

[z] The survey date, 1: 1995/1/10 ; 2: 1995/1/20 ; 3: 1995/2/6.

[y] Means (No. of nematodes per 100g soil) followed by the same letter in each column in the same field are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test analysis.

[x] The area was not covered with field mustard.

[w] Not tested.

在苗栗市及彰化縣之部分田區呈現高密度之情形，其中以福興鄉一處之 246.5 隻爲最高(表 3)；至於根瘤線蟲方面，在彰化縣地區之鄉鎮均未檢出該屬線蟲，其他二個縣及草屯鎮部分田區則檢出該線蟲。

油菜對水稻田植物寄生性線蟲存活之影響

採樣調查 19 處水田冬裡作栽培油菜綠肥作物之植物寄生線蟲相消長情形(表 1)，依據每塊田區 1-3 次的調查結果顯示，台中縣龍井鄉、清水鎮及霧峰鄉；南投縣草屯鎮；彰化縣田中鎮等地區之 12 處水田之水稻穿根線蟲蟲口密度偏低，其在油菜之根圈土壤中之蟲口密度和對照組無顯著差異，但是在苗栗縣苑裡鎮和彰化縣溪州鄉和竹塘鄉等之 7 個水田中，水稻穿根線蟲在對照組之密度明顯較前 12 處水田高，相對油菜之根圈土之密度較低，兩者都有顯著差異，另外部分田區連續三次調查結果也顯示，水稻穿根線蟲在油菜之根圈中並無增殖情形；對螺旋線蟲(*Helicotylenchus* spp.)之存活影響方面，除草屯鎮和霧峰鄉各一處水田出現相反結果外，其他 6 處油菜根圈土中之螺旋線蟲密度都顯著地比對照組爲低；在矮化線蟲

表 2. 埃及三葉草綠肥作物對水稻田植物寄生性線蟲存活之影響

Table 2. Effect of Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.) green manure on the survival of plant-parasitic nematodes in rice fields

Location		*Hirschmanniella* spp.			*Helicotylenchus* spp.			*Tylenchorhynchus* spp.			*Tylenchus* spp.			*Meloidogyne* spp.		
		1[z]	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Miaoli	1	0 b[y]	0.25	0.25 a	0	0.50 a	0.50 b	0	2.50 b	0.25 b	5.00 a	5.75 b	4.25 b	0	0	1.50 a
(苗栗市)	CK[x]	2.25 a	0.25	1.00 a	0	2.50 a	4.00 a	0	18.00 a	8.75 a	0.75 a	25.00 a	26.25 a	0	0	0 a
	2	0	0.25 a	—	0	0 a	—	1.50 b	2.25 a	—	92.25 b	48.50 a	—	0	0	—
	CK	0	1.00 a	—	0	0.25 a	—	9.50 a	1.50 a	—	158.3 a	57.25 a	—	0	0	—
	3	—[w]	1.75 a	0.25 b	—	0	0	—	5.50 a	0.50 b	—	11.25 a	4.75 b	—	2.25 b	0 b
	CK	—	2.00 a	2.50 a	—	0	0	—	6.00 a	5.75 a	—	9.50 a	50.25 a	—	41.75 a	9.25 a
Tung-	1	0.25 a	0 b	0.25	0	0 a	0	0	0	0	0.50	0.50 a	5.25 a	0	0	0
shiau	CK	1.50 a	5.00 a	0.25	0	0.75 a	0	0	0	0	0.50	1.00 a	6.50 a	0	0	0
(通宵鎮)	2	0.25 a	0 a	0.75 b	0	0	0	1.75 a	0	0	3.25 a	2.50 a	1.00 a	0	0	0
	CK	0.25 a	0.75 a	3.75 a	0	0	0	0 a	0	0	2.25 a	5.50 a	0 a	0	0	0
Yuanli	1	—	0 a	0.25 b	—	0	0	—	0	0	—	47.75 a	115.80 a	—	0	0
(苑裡鎮)	CK	—	2.00 a	3.25 a	—	0	0	—	0	0	—	28.75 a	23.75 b	—	0	0
	2	—	1.25 a	0.25 b	—	0 a	0 b	—	1.00 a	0.25 b	—	49.75 a	9.50 b	—	0	0
	CK	—	2.50 a	3.25 a	—	1.00 a	3.50 a	—	3.00 a	2.50 a	—	56.25 a	198.00 a	—	0	0
Houlung		2.25 a	1.50 a	1.25 a	0	0	0 a	0 a	0.75	0.75 a	9.50 a	7.75 a	2.25 b	0	0	11.50 a
(後龍鎮)	CK	2.75 a	3.75 a	2.50 a	0	0	0.25 a	0.25 a	0.75	1.00 a	4.25 b	5.00 a	33.50 a	0	0	0 b
Shiou-	1	0.50 b	2.75 b	0.25 a	5.50 a	2.50 b	1.00 a	6.50 a	0.25 a	0.50 b	57.75 b	6.25 b	9.25 a	0	0	0
Shuei	CK	4.00 a	16.50 a	1.50 a	0 b	6.50 a	2.25 a	2.00 a	0.75 a	4.25 a	117.00 a	23.50 a	3.75 a	0	0	0
(秀水鄉)	2	1.25 b	2.00 b	—	2.25 a	0.50 a	—	2.50 a	0	—	1.00 a	0.50 a	—	0	0	—
	CK	30.50 a	41.25 a	—	1.50 a	0 a	—	3.00 a	0	—	2.00 a	1.25 a	—	0	0	—
Tsautuen		—	0 a	—	—	1.00 a	—	—	1.00 a	—	—	3.75 a	—	—	0	—
(草屯鎮)	CK	—	0.25 a	—	—	0.75 a	—	—	0.75 a	—	—	1.75 a	—	—	0	—

[z] The survey date, 1: 1995/1/10 ; 2: 1995/1/20 ; 3: 1995/2/6.

[y] Means (No. of nematodes per 100g soil) followed by the same letter in each column in the same field are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test analysis.

[x] The area was not covered with field mustard.

[w] Not tested.

(*Tylenchorhynchus* spp.)方面，除草屯一處水田外，其他 4 處亦顯示出和前述相同之結果；在 *Tylenchus* spp. 線蟲方面，在清水鎮、草屯鎮及田中鎮等之 4 處水田中，該屬線蟲在油菜根圈土中之密度皆顯著比對照組爲高，但是該蟲在其中 3 處水田之第二次調查中，在油菜根圈土中之密度則有明顯下降趨勢，另外其他 3 處則以對照組之密度顯著較高；在根瘤線蟲方面，調查發現之蟲口密度皆不高，兩者間除草屯鎮 1 處水田之對照組密度較高外，其餘皆無顯著差異。

埃及三葉草對水稻田植物寄生線蟲存活之影響

採樣調查苗栗縣之苗栗市、通宵鎮、苑裡鎮、後龍鎮；彰化縣秀水鄉和南投縣草屯鎮等之 11 處冬裡作栽培埃及三葉草對水稻田中植物寄生性線蟲消長情形(表 2)，調查結果顯示，除苗栗市、後龍鎮及草屯鎮各一處水田無顯著差異外，其餘 8 處都顯示埃及三葉草之根圈土中水稻穿根線蟲之密度都顯著地比對照組低，尤其在彰化縣秀水鄉地區二處水田之結果最爲明顯。在螺旋線蟲方面，除秀水鄉一處水田之第一次調查結果外，在第二、三次之調查中，合計有 3 處水田出現和前述相同之結果；在矮化線蟲方面，在 1-3 次的調查結果中，則有 5 處田區出現和前述相同之結果；在 *Tylenchus* spp.方面，除苑裡鎮一處水田外，另外有 6 處田區亦出現同樣結果；在根瘤線蟲方面，在苗栗市和後龍鎮各一處田區則出現相反之結果。

表 3. 彰化地區多季綠肥作物苕子對水稻田植物寄生性線蟲存活之影響

Table 1. Effect of hairy vetch (*Vicia dasycarpa* Tenore) green manure on the survival of plant-parasitic nematodes in rice fields at Changhua area

Location		*Hirschmanniella* spp.			*Helicotylenchus* spp.			*Tylenchorhynchus* spp.			*Tylenchus* spp.		
		1 [z]	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Fushing	1	2.75 a [y]	8.75 a	0 b	1.00 a	1.75 a	0	0.25 a	0.75 a	0	0 a	0.25 a	0 a
(福興鄉)	CK [x]	7.75 a	11.25 a	3.25 a	3.00 a	2.25 a	1.25 a	0.75 a	1.00 a	0	1.50 a	0 a	0.25 a
	2	4.25 a	7.25 b	0.50 b	0.75 a	0	0	1.00	0 a	0.25	0.50 a	0.25 a	0.25 a
	CK	10.75 a	25.25 a	7.00 a	0 a	0	0	1.00	0.50 a	0.25	0 a	0.25 a	0 a
	3	1.25 a	0.50 b	0.50 a	0.25 a	0 a	0	0	1.00 a	0	0	1.75 a	0
	CK	2.00 a	5.00 a	0.50 a	0.25 a	0.25 a	0	0	0 a	0	0	0 a	0
	4	0.75 b	2.25 b	0 b	0	0	0	0	0 a	0	0 a	0	0
	CK	9.00 a	19.25 a	7.00 a	0	0	0	0	0.25 a	0	0.75 a	0	0
	5	— [w]	3.25 b	0.50 b	—	0.75 a	0	—	0.50 a	0.25 b	—	244.5 a	20.75 a
	CK	—	13.00 a	5.50 a	—	0.25 a	0	—	2.50 a	4.00 a	—	246.5 a	37.75 a
Puyan	1	—	7.25 b	2.00 b	—	0	0	—	0	0	—	0	0
(埔鹽鄉)	CK	—	50.75 a	24.00 a	—	0	0	—	0	0	—	0	0
	2	—	2.25 b	3.50 b	—	0	0	—	0	0	—	0	0
	CK	—	22.75 a	30.75 a	—	0	0	—	0	0	—	0	0
Shiou-	1	2.75 b	1.75 a	0.50 a	0	0.25 a	0	0	2.25 a	0	0.25 a	31.50 a	0.50 a
shuei	CK	9.00 a	2.00 a	0.50 a	0	0 a	0	0	1.00 a	0	0.75 a	42.50 a	0.25 a
(秀水鄉)	2	—	6.25 a	1.00 b	—	0	2.00 a	—	0.25 a	0.50 a	—	0.50 a	0.25 a
	CK	—	13.25 a	4.25 a	—	0	0.25 a	—	0 a	0.75 a	—	0 a	0.50 a
	3	—	9.25 a	—	—	0 a	—	—	1.75 a	—	—	5.75 a	—
	CK	—	7.75 a	—	—	0.25 a	—	—	2.00 a	—	—	4.00 a	—
	4	—	—	4.00 a	—	—	0	—	—	0 a	—	—	0 a
	CK	—	—	5.25 a	—	—	0	—	—	0.50 a	—	—	0.75 a
	5	—	—	0.50 b	—	—	0 a	—	—	0.50 a	—	—	16.00 a
	CK	—	—	5.50 a	—	—	0.50 a	—	—	0.75 a	—	—	35.50 a

[z] The survey date, 1: 1995/1/10 ; 2: 1995/1/20 ; 3: 1995/2/6.

[y] Means (No. of nematodes per 100g soil) followed by the same letter in each column in the same field are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test analysis.

[x] The area was not covered with field mustard.

[w] Not tested.

苕子對水稻田植物寄生性線蟲存活之影響

調查彰化縣地區冬季裡作苕子對水稻田植物寄生線蟲消長情形(表 3)，在福興鄉、埔鹽鄉及秀水鄉等三地區共計採樣 12 處田區。在 1-3 次的連續調查結果顯示，除秀水鄉二處水田外，其他 10 處苕子根圈土壤中之水稻穿根線蟲密度都顯著地比對照組爲低，尤其以埔鹽鄉二處田區最爲明顯；在螺旋線蟲及矮化線蟲方面，全部水田中該二屬線蟲之密度皆很低，其中僅有福興鄉一處顯示矮化線蟲在苕子之根圈土壤中之密度比對照組處理顯著爲低；在 *Tylenchus* spp.方面，雖然在福興鄉和秀水鄉等共 3 處田區之密度頗高，但是和其他田區一樣，苕子處理和對照組處理二者皆無顯著差異。

討　論

稻依世界各地區生育環境的不同，可以分成 5 種主要的栽培類型[19]，各類型之氣候環境及地理條件對稻田中植物寄生線蟲相及個別線蟲之爲害程度有深遠影響[9]。台灣地區屬於亞熱帶型氣候，高溫多濕，雨水充足，且稻田大部分以灌溉水方式，築畦栽培，因此較常發生於溫帶地區之病原線蟲，如稻包囊線蟲、在台灣地區尚未發現，其他如根瘤線蟲、根腐線蟲及劍線蟲等屬於在高地栽培較 較常發生之病原線蟲在本省水稻田中則較少發生[1]，另外在國外屬於灌溉田或高地田(upland)較常發生之病原線蟲, 如矛線蟲及針線蟲等則在本省尚未發現。在本次調查中部地區之 42 處水稻田中，一共發現 5 屬之植物寄生線蟲，其中水稻穿根線蟲，螺旋線蟲，矮化線蟲及根瘤線蟲和林氏[1]記載之結果相類似，但環紋線蟲、根腐線蟲、劍線蟲及殘根線蟲(*Trichodorus* spp.)等在本次所調查的中部地區 42 處水稻田中均未發現，其最主要原因可能在於本次調查之稻田全部均屬於以灌溉水方式栽培，其次爲調查地區範圍大小不同及栽培作物相之改變所導致。

依據林氏[1]及本次之調查結果，水稻穿根線蟲爲本省水稻田最普遍發生的病原線蟲，而調查報告估計全世界 58％的水稻田遭受該屬線蟲感染，並造成 25％的產量損失[14]。水稻穿根線蟲是以內寄生潛移性(migratory endoparasitic)的方式寄生於水稻根系，取食皮層組織，造成空洞化及形成根表面褐化壞疽病斑，嚴重時呈現根腐情形[7,14,20]。進而造成植株生育受阻，尤其在土壤貧瘠地區，稻穀產量減少最爲顯著[20]。水稻穿根線蟲在稻田休耕期間之存活方式，除了在稻收割後未腐化之根系及新長出之根系外[15,21]，許多的田間雜草及作物都是該線蟲之寄主植物[9]，而其存活時間方面，線蟲在根部組織內比曝露在土壤中爲長，但是在淹水狀態下，則因根腐爛而存活時間反而更短[15,21]。水稻穿根線蟲(*H. oryzae*)在無寄主植物但有適當土壤濕度的環境下，其族群數目會呈現緩慢下降，但是可至少存活 7 個月[27]，經一年後，線蟲族群可以完全滅除[11]，但是在持續乾燥狀況下，線蟲由於呈現靜止狀態，其存活時間反而可以存活超過一年[24]。另外該線蟲在高溫 35-45℃及低溫 8-12℃下，在無寄主植物狀態下存活[21]，另外在不同範圍土壤 pH 值下之缺氧狀態亦可存活[8]。由上述問題之了解及台灣地區水稻田之耕作方法及農民勤勞習慣，休耕、淹水及輪作等方法都不可行。於 1995 年水稻二期作收成後，針對中部地區農民常用之水稻田冬季裡作主要綠肥作物，如油菜、埃及三葉草及苕子等對水稻根部寄生線蟲存活之影響情形進行採樣調查，結果顯示三種作物皆能降低水稻穿根線蟲的存活，尤其在彰化縣之埔鹽鄉、秀水鄉、竹塘鄉及溪州鄉等地區，該線蟲之蟲口密度比中部海線地區之後龍鎮、通宵鎮、清水鎮、龍井鄉等地區爲高，其減少水稻穿根線蟲存活之效果更加顯著，而對螺旋線蟲、矮化線蟲及 *Tylenchus* spp.等之影響情形則不一致。油菜爲十字花科一年生草本植物；埃及三葉草和苕子則屬於豆科一年生草本植物，而水稻穿根線蟲之寄主植物大部分是屬於禾本科(Gramineae)和莎草科(Cyperaceae)的田間雜草及作物[6,9,21,22]，因此顯然上述三種綠肥作物應不是該線蟲的寄主植物，在加上其本身綠肥作物的效應，對水稻生長的助益應可預期，但是否爲螺旋線蟲、矮化線蟲、根瘤線蟲及 *Tylenchus* spp.的適合寄主則需進一步接種測定。

由於全世界環保意識的抬頭, 有關植物性農藥(botanical pesticides)之研究日益受到重視，至今已報導有 150 種植物的植體抽出物對植物寄生性線蟲具有毒性作用[28]，但大部分只針對根瘤線蟲、包囊線蟲及根

腐線蟲等根部內寄生性(endoparasitic)線蟲，其中 *Sphenoclea zeylanica* 能夠降低水稻穿根線蟲在田間之存活，並且發現其葉片之水抽出物對 *H. oryzae* 有毒性作用[23]。輪作田菁(*Sesbania rostrata* Brem.)對水稻之增產效果明顯，去除其綠肥效應(green manure effect)因素後，其作用機制歸因於該作物對 *H. oryzae* 之陷阱效應(traping effect)[13]。許多由十字花科作物, 如 *Brassica campestris* Linn.、*B. hirta* Moench..、*B. integrefolia* Linn. *B. nigra* (Linn.) Koeh.所製成之豆餅(oil cake)加入土壤中後，對根瘤線蟲(*M. incognita*, *M. javanica*)及大豆包囊線蟲(*Heterodera avenae*)等具有防治效果, 其作用機制不外豆餅中氨氣(ammonia)的釋出或其中酚化合物成分對線蟲的毒性作用[28]。由本次田間實際調查所得之初步結果顯示，三種綠肥作物皆能顯著加速降低水稻穿根線蟲在二期水稻收成後的存活情形，其中在彰化縣竹塘、埔鹽及秀水等部分調查田區之該線蟲密度相對其他田區爲高，其降低線蟲存活之效果，更加明顯。前述三種綠肥作物在田間降低線蟲存活之可能作用機制可大致歸納以下原因，供往後進一步探討: 1.三種綠肥作物之根系在田間直接分泌對線蟲具有抑制或殺生的物質，2. 在採回之土樣中包含三種綠肥作物之根系組織，經置放於封口塑膠袋及土樣打碎的準備過程中，產生對線蟲不利的物質，進而導致分離線蟲的效果產生差異，3.是否具有陷阱植物(trap plants)的作用，4.綠肥作物改變土壤之物理、化學及生物等特性，間接影響線蟲的存活力。另外探討這三種綠肥作物之地上部植體是否對水稻穿根線蟲具有抑制作用，以及對稻田中其他植物寄生性線蟲的消長影響，進而對後期作物所造成的衝擊，這些利弊得失都必需加以一併評估分析。

引用文獻

1.林奕耀。1970。臺灣水稻根部寄生性線蟲之研究。國立中興大學農林學報 19:63-77。

2.洪元平。1959。臺灣稻葉白尖病。植物保護學會會刊 1:104-109。

3.黃炤雄、蔡雲鵬、林奕耀、杜金池、黃修斌。1972。臺灣植物寄生線蟲。中研院植研所專刊第一號，61 頁。

4.陳脈紀。1961。水稻線蟲心枯病之研究。中興大學農林學報 9,10:103-116。

5.蔡東纂、程永雄、鄧堯銓、李明達、吳文希、林奕耀。1998。臺灣水稻白尖病病原線蟲－*Aphelenchoides besseyi* 之生態及防治策略。植物保護學會會刊 40:277-286。

6. Babatola, J. O. and Bridge, J. 1979. Pathogenicity of *Hirschmanniella oryzae*, *H. spinicaudata* and *H. imamuri* on rice. J. Nematol. 11:128-132.

7. Babatola, J. O. and Bridge, J. 1980. Feeding behaviour and histopathology of *Hirschmanniella oryzae*, *H. imamuri* and *H. spinicaudata* on rice. J. Nematol. 12:48-53.

8. Babatola, J. O. 1981. Effect of pH, oxygen and temperature on the activity and survival of *Hirschmanniella* spp. Nematologica 27:285-291.

9. Bridge, J., Luc, M., Plowright, R. A. 1990. Nematode Parasites of Rice, pp. 69-108. *In*: M. Luc, R. A. Sikora & J. Bridge eds. Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. CAB international, Wallingford, UK. 629 pp.

10. Dropkin, V. H. 1980. Introduction to Plant Nematology. Univ. Missouri. Columbia. 293 pp.

11. Fortuner, R. and Merny, G. 1979. Root-parasitic nematodes of rice. Revue de Nématologie 2:79-102.

12. Fortuner, R. 1985. Nematode damage assessment problems and solutions for a rice nematode: *Hirschmanniella oryzae*. California Plant Pest and Disease Report 4:2-7.

13. Germani, G., Reversat, G. and Luc, M. 1983. Effect of *Sesbania rostrata* on *Hirschmanniella oryzae* in flooded rice. J. Nematol. 15:269-271.

14. Hollis, J. P. and Keoboonrueng, S. 1984. Nematode parasites of rice. P.95-146 in: Plant and Insect Nematodes. Nickle, W. R. (Ed.) New York & Basel, Marcel Dekker:

15. Ichinohe, M. 1988. Current research on the major nematode problems in Japan. J. Nematol. 20:184-190.

16. Jonathon, E. I. and Velayutham, B. 1987. Evaluation of yield loss due to rice root nematode *Hirschmanniella oryzae*. Internat. Atoll. Net. Newsl. 4:8-9.

17. Joshi, M. M. and Hollis, J. P. 1976. Pathogenicity of *Tylenchorhynchus martini* swarmers to rice. Nematologica: 22:123-124.

18. Khuong, N. B. 1987. *Hirschmanniella* spp. in rice fields of Vietnam. J. Nematol. 19:82-84.

19. Khush, G. S. 1984. Terminology for rice growing environments. P.5-10 In: Terminology for Rice Growing Environments. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

20. Mathur, V. K. and Prasad, S. K. 1972. Role of the rice root nematode, *Hirschmanniella oryzae* in rice culture. Indian J. Nematol. 2:158-168.

21. Mathur, V. K. and Prasad, S. K. 1973. Control of *Hirschmanniella oryzae* associated with paddy. Indian J. Nematol. 3:54-60.

22. Mathur, V. K. and Prasad, S. K. 1973. Survival and host range of the rice root nematode, *Hirschmanniella oryzae*. Indian J. Nematol. 3:88-93.

23. Mohandas, C., Rao, Y. S. and Sahu, S. C. 1982. Cultural control of rice root nematodes (*Hirschmanniella* spp.) with *Sphenoclea zeylandica*. proc. Acad. Sci. Indian (Animal Sciences). 90:373-376.

24. Muthukrishnan, T. S., Rajendran, G., Ramamurthy, V. V. and Chandrasekaran, J. 1977. Pathogenicity and control of *Hirschmanniella oryzae*. Indian J. Nematol. 7:8-16.

25. Padhi, N. N. and Das, S. N. 1984. Some aspects of the ecological behaviour of *Helicotylenchus abunaamai* Siddiqi, 1972. Indian J. Nematol. 14:25-29.

26. Panda, M. and Rao, Y. S. 1971. Evaluation of losses caused by the root-nematode (*Hirschmanniella mucronata*) in rice (*Oryza sativa* L.). Indian J. Agric. Sci. 41:611-614.

27. Park, J. S., Han, S. C. and Lee, Y. B. 1970. Studies on the ecology and feeding preference of *Hirschmanniella oryzae*. Research Reports of the Office of Rural Development, Korea, Plant Environment, 13:93-98.

28. Prakash, A., and Rao, J. 1997. Section B: Botanical pesticides against nematodes. p.299-344. in: Botanical Pesticides in Agriculture. (A. Prakash & J. Rao eds.) CRC Press, Florida, 461 pp.

29. Venkitesan, T. S., Nalinakumari, T. and Satykumar, J. 1979. Distribution of rice root nematode in Kerala. Indian J. Nematol. 9:55.

30. Yamsonrat, S. 1967. Studies on rice-root nematodes (*Hirschmanniella* spp.) in Thailand. Plant Dis. Rep. 51:960-963.

Effects of Winter Green Manures on the Survival of Plant-Parasitic Nematodes in Rice Fields in Taiwan[1]

Diann-Yih Chen[2], Jyh-Herng Yen[3] and Tung-Tsuan Tsay[4,5]

Summary

Survey of the effects of the green manure, including field mustard (*Brassica campestris* L.), Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.) and hairy vetch (*Vicia dasycarpa* Tenore), on the survival of plant-parasitic nematodes of 42 rice field after the second crop season of 1995 were conducted 1-3 times in the central area of Taiwan. The preliminary results indicated that there were five genera of plant-parasitic nematodes , including *Hirschmanniella* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchorhynchus* spp. *Tylenchus* spp. and *Meloidogyne* spp., were found in the rice field, the appearance frequency were 100%, 73.8%, 76.2%, 92.9% and 19%, respectively, and the three kinds of winter green manure all could significantly reduce the survival of *Hirschmanniella* spp., especially in some field with high density of the nematodes, but the effects on the *Helicotylenchus* spp., *Tylenchorhynchus* spp. and *Tylenchus* spp. were not consistent.

Key words: Green manure, Plant-parasitic nematode, *Hirschmanniella* spp., Survival.

---

1. Contribution No.2134 from Taiwan Agriculture Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : November 22, 2002.
2. Assistant Researcher, Department of plant pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Agricultural Extension Center, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Associate Professor, Department of Plant Pathology, NCHU, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: tttsay@mail.nchu.edu.tw ; Fax: (04)22876712.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(4):66~72(2002)

十種藥劑對瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae*) 之室內毒效測定[1]

董耀仁[2]　鄭玲蘭[2]　陳健忠[2,3]

摘要：於室內分別使用直接噴佈、藥膜及苦瓜浸藥等三種方法，測定十種藥劑對瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae* Coquillett)之毒效。以直接噴佈及藥膜法測定時，馬拉松、大利松、大滅松、撲滅松、陶斯松、芬殺松及第滅寧對瓜實蠅之致死率於處理後 4 小時內達 100%。賜諾殺及阿巴汀使用直接噴佈法時於 72 小時內達 100%，而使用藥膜法時分別於 24 及 48 小時內達 100%；印楝素則無殺蟲效果。以苦瓜浸漬藥劑之試驗中，芬殺松及第滅寧兩者之殺蟲與減少在苦瓜上產卵的效果最好。於供試之十種藥劑中以阿巴汀最具有防治瓜實蠅之潛力。

關鍵詞：瓜實蠅、殺蟲劑、毒效

前　言

瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae* Coquillett)，屬雙翅目，果實蠅科，主要爲害葫蘆科和茄科作物，其寄主植物多達十六科八十餘種，爲本省瓜果類作物之重要害蟲[1, 2]。成蟲飛行及繁殖能力強，棲息的植物眾多複雜，又因各類果實成熟期不一，提供其持續繁衍之寄主，以致防治不易。近年來，由於瓜果栽培面積增加、品種改良、產期調節、年平均溫度升高和冬季變短等諸多因素均有利瓜實蠅繁衍，使瓜實蠅發生更形猖獗。目前政府推廣懸掛克蠅誘殺板，期降低瓜實蠅密度，並重點補助農民於密度高時點噴含毒蛋白質水解物加以防治[3]。然而，農民除了配合政府執行部份防治措施外，瓜園內自行防治以套袋和噴施殺蟲劑爲多。

瓜實蠅的卵和幼蟲，如同其它果實蠅般在果實內發育，由於受到寄主果實的保護很難以一般非系統性藥劑防治。使用系統性藥劑，雖然有可能殺死瓜實蠅的卵和幼蟲，但因消費者對農藥殘留的疑慮，並不被接受。老熟幼蟲通常於土壤表層化蛹，但施用藥劑於土壤來防治，不僅無顯著效果且價格昂貴，並會造成環境污染。因此，化學防治的目標應以成蟲爲主。

目前植物保護手冊上並未推薦任何藥劑用於防治瓜實蠅，故田間用藥極爲混亂，並產生藥效不彰造成損失、農藥殘留等諸多的後遺症。Roessler[14] 於 1989 年之研究報告指出馬拉松於 1956 年開始用於防治地中海果實蠅(*Ceratitis capitata*(Wiedemann))，其後三十餘年一直是主要的推薦藥劑。Koren *et al.*[12] 以馬拉松篩選地中海果實蠅雌蟲經 18 代後，感受性僅降低 2 倍；而 Hsu and Feng[9]，於室內以局部滴藥法檢測東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis*(Hendel))對植物保護手冊推薦防治藥劑之感受性，結果對乃力松、芬殺松、撲滅松及馬拉松之感受性僅略爲降低(1.9-4.3倍)。上述研究顯示，果實蠅類害蟲對

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2135。接受日期：91 年 10 月 9 日。
2. 本所應用動物組助理研究員、計畫助理、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：chiencc@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302804。

目前使用中的有機磷藥劑似乎不易產生抗性，這在選擇用藥上甚為有利。此外，Anna *et al.*[6] 研究報告除蟲菊類藥劑對衣索比亞果實蠅(*Dacus ciliatus*)亦具防治潛力。

以化學藥劑防治害蟲有其優點，但因對人類健康及環境的影響甚鉅，尤其是對有益昆蟲如蜜蜂及各式天敵更常造成毒害，因此尋找比較安全的替代藥劑以減少化學合成藥劑使用，一直是研究者努力的目標[17]。Albrecht and Sherman[7] 發現將阿巴汀施用於瓜實蠅中胸背板，可殺死瓜實蠅成蟲。Adan *et al.*[5] 報告將賜諾殺加入水中供地中海果實蠅飲用或施用於玻璃板上使其接觸，可殺死地中海果實蠅；且中毒之果實蠅呈現活動減慢的現象。而以其配製之食物毒餌，亦證實對加勒比海果實蠅(*Anastrepha suspensa*(Loew))之毒效優於馬拉松[11]。報告指出 avermectin B_1 及 Spinosad 對東方果實蠅及地中海果實蠅之毒效優於馬拉松[5, 7]。此外，印度楝種子萃取物，已證實對瓜實蠅和果實蠅具產卵忌避作用[8, 15]。

瓜實蠅成蟲平常大多棲息於鄰近果園或圍籬中，只有產卵時才飛臨瓜園，藥劑常不易直接噴到，因此良好之瓜實蠅防治藥劑應具接觸毒、毒效快速、適度的殘效並可抑制產卵且對人畜低毒。因此，本試驗在室內測試目前國外常用於果實蠅類害蟲防治用藥劑馬拉松、大利松、大滅松、撲滅松、陶斯松、芬殺松、第滅寧與生物性農藥賜諾殺、阿巴汀及印度楝商品印楝素等十種藥劑對瓜實蠅防治效果，供推薦田間防治用藥之參考。

材料與方法

供試瓜實蠅

將採自霧峰田間的瓜實蠅幼蟲，在室內以人工飼料飼育作為供試蟲源。幼蟲培養基依劉及蕭[4] 之配方配製，成蟲則以酵母抽出物加蔗糖(1：3)飼養於飼育箱(30 x 30 x 30cm)內，飼養環境為 25±1℃，光照 12 小時。

供試藥劑和稀釋倍數

供試藥劑及使用濃度，依據植物保護手冊中最常推薦使用於害蟲防治之稀釋倍數，選訂如下：50%馬拉松(malathion)EC 500 倍、50%撲滅松(fenitrothion)EC 1000 倍、44%大滅松(dimethoate)EC 1000 倍、60%大利松(diazinon)EC 1000 倍、40.8%陶斯松(chlorpyrifos)EC 1000 倍、2.8%第滅寧(deltmethrin)EC 1000 倍、50%芬殺松(fenthion)EC 1000 倍、4.5%印楝素(neemix)EC 1000 倍、2%阿巴汀(abamectin)EC 2000 倍、2.5%賜諾殺(spinosad)SC 750 倍。上述十種藥劑均購自農藥商。

毒效測定

直接噴佈法：30 對瓜實蠅以二氧化碳昏迷後，置於噴藥塔(Burkard Manufacturing Co Ltd)下，噴施 2 ml 供試藥劑，噴施壓力 5 lb/in^2，並以水為對照組。將處理後之瓜實蠅移至成蟲飼育箱(直徑 15 cm x 高 20cm)，並餵食飼料和水，每天記錄死亡蟲數，連續觀察七天，每處理四重複。

藥膜法：將 1.5 ml 供試藥劑滴於直形玻管內(直徑 4.5 cm x 長 15 cm)，並經旋轉玻管使藥劑均勻塗佈於管壁形成藥膜後，放入抽氣櫃中風乾供試，並以水為對照組。接入 30 對瓜實蠅，經接觸藥劑 30 分鐘後，將所有瓜實蠅移入成蟲箱，並餵食飼料和水，每天記錄死亡蟲數，連續觀察七天，每處理四重複。

苦瓜浸藥法：將採自農試所無施藥網室苦瓜園之無受害之小苦瓜(約長 10cm)洗淨後，浸於供試藥劑約 3 秒，並以水為對照組。待藥劑處理後之苦瓜風乾後，將其置入成蟲飼育箱，並接入 30 對瓜實蠅，同時餵食飼料和水。經 4、8、24、48 小時後記錄死亡蟲數。日間(上午九點至下午五點)則每隔 1 小時記錄小苦瓜上停留的蟲數，48 小時後取出小苦瓜於解剖顯微鏡下檢視產卵孔數及產卵量，每處理四重複。

統計分析

死亡率、停留數、產卵孔數及產卵數等試驗資料，依據 SAS(Statistical Analysis System)[16]套裝統計分析軟體，使用 Fisher's protected least significant difference test(LSD)進行分析運算。

結 果

直接噴佈法

測試藥劑直接噴施對瓜實蠅之毒效，結果顯示第滅寧、馬拉松、大利松、大滅松、撲滅松、陶斯松及芬殺松處理組，於施藥後 4 小時內均達 100%死亡率；賜諾殺及阿巴汀處理組於 72 小時內達 100%死亡率，印楝素處理組則無殺蟲效果(表 1)。

藥膜法

測試藥劑對瓜實蠅之接觸毒效，結果顯示第滅寧、馬拉松、大利松、大滅松、撲滅松、陶斯松及芬殺松處理組，均於處理後 4 小時內達 100%死亡率；賜諾殺及阿巴汀處理組分別於 24 及 48 小時內達 100%死亡率；印楝素處理組則無殺蟲效果(表 2)。

表 1. 供試藥劑直接噴佈對瓜實蠅之毒效

Table 1. Mortality(%) of *B. cucurbitae* treated with insecticides by spray tower method

Insecticide	Time after treatment (hr)							
(Dilution rate)	4	24	48	72	96	120	144	168
2.5% Spinosad SC (750X)	7.9c[z]	76.4 b	98.8 ab	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
2% Abamectin EC (2000X)	38.1 b	72.4 c	96.3 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
4.5% Neemix EC (1000X)	0.0 d	0.0 d	0.6 c	1.3 b	1.3 b	1.3 b	1.3 b	1.3 b
2.8% Deltamethrin EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
50% Malathion EC (500X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
60% Diazinon EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
44% Dimethoate EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
50% Fenitrothion EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
40.8% Chlorpyrifos EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
50% Fenthion EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
CK	0.6 d	0.6 d	0.6 c	0.6 b	0.6 b	0.6 b	0.6 b	0.6 b

[z] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Fisher's protected least significant difference test (SAS Institute 1988).

表 2. 供試藥劑使用藥膜法對瓜實蠅之毒效

Table 2. Mortality(%) of *B. cucurbitae* treated with insecticides by residue film method

Insecticide	Time after treatment (hr)							
(Dilution rate)	4	24	48	72	96	120	144	168
2.5% Spinosad SC (750X)	16.3c[z]	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
2% Abamectin EC (2000X)	68.8 b	96.3 b	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
4.5% Neemix EC (1000X)	0.0 d	0.0 c	0.4 b	0.8 b	1.3 b	1.3 b	1.7 c	2.5 b
2.8% Deltamethrin EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
50% Malathion EC (500X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
60% Diazinon EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
44% Dimethoate EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
50% Fenitrothion EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
40.8% Chlorpyrifos EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
50% Fenthion EC (1000X)	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
CK	0.0 d	0.8 c	0.8 b	1.3 b	1.3 b	1.3 b	2.1 b	2.5 b

[z] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Fisher's protected least significant difference test (SAS Institute 1988).

苦瓜浸藥法

測試藥劑施用於小苦瓜對瓜實蠅之毒效，結果顯示處理後 24 小時之死亡率，以芬殺松(100%)、大利松(85%)及第滅寧(85%)對雌蟲最速效；雄蟲則以芬殺松(96.3%)及第滅寧(80%)最好(表 3)。48 小時後，以芬殺松(100%)、第滅寧(96.3%)、大滅松(91.3%)、大利松(85%)及陶斯松(83.8%)殺雌效果最好，其次爲撲滅松(65%)、賜諾殺(50%)、馬拉松(46.3%)及阿巴汀(30%)；印楝素則無殺蟲效果。於雄蟲方面，則以芬殺松(96.3%)、第滅寧(91.3%)效果最好。

比較各處理苦瓜上停留平均雄蟲數，結果顯示並無顯著差異(表 4)。苦瓜上停留平均雌蟲數以第滅寧(4.0 隻)、芬殺松(8.0 隻)與大滅松(8.3 隻)最少，阿巴汀(44.8 隻)、印楝素(36.5 隻)和馬拉松(35.0 隻)處理組與對照組(39.8 隻)停留雌蟲數最多，但四者間無顯著差異。由瓜實蠅產卵在苦瓜上造成的平均產卵孔顯示，以第滅寧(0.8 個)、大滅松(1.8 個)及芬殺松(2.0 個)處理對防止瓜實蠅產卵的效果較佳，印楝素(10.5 個)與馬拉松(8.0 個)較差。瓜實蠅產卵在苦瓜上的平均產卵數以以第滅寧(5.5 粒)、大滅松(31.5 粒)及芬殺松(34.8 粒)最少；印楝素(202.5 粒)與馬拉松(162.5 粒)最多，與對照組無顯著差異。

表 3. 苦瓜浸藥對瓜實蠅之毒效

Table 3. Mortality(%) of *B. cucurbitae* treated with insecticides by bitter gourd dipping method

Insecticide (Dilution rate)	Time after treatment (hr)							
	4		8		24		48	
	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
2.5% Spinosad SC (750X)	0.0c[z]	0.0 b	0.0 c	3.8 a	10.0 d	10.0 de	50.0 cd	40.0 b
2% Abamectin EC (2000X)	0.0 c	0.0 b	1.3 c	0.0 b	6.3 d	1.3 e	30.0 e	13.8 cd
4.5% Neemix EC (1000X)	0.0 c	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 d	0.0 e	0.0 f	0.0 d
2.8% Deltamethrin EC (1000X)	0.0 c	0.0 b	0.0 c	0.0 b	85.0 ab	80.0 a	96.3 ab	91.3 a
50% Malathion EC (500X)	3.8 b	0.0 b	3.8 b	0.0 b	45.0 c	25.0 cd	46.3 d	31.3 bc
60% Diazinon EC (1000X)	17.5 a	2.5 a	17.5 a	2.5 ab	85.0 ab	50.0 b	85.0 ab	50.0 b
44% Dimethoate EC (1000X)	0.0 c	0.0 b	1.3 c	0.0 b	56.3 c	35.0 bc	91.3 ab	38.8 b
50% Fenitrothion EC (1000X)	0.0 c	0.0 b	0.0 c	0.0 b	47.5 c	6.3 de	65.0 c	11.3 cd
40.8% Chlorpyrifos EC (1000X)	0.0 c	0.0 b	0.0 c	0.0 b	73.8 b	17.3 de	83.8 b	42.5 b
50% Fenthion EC (1000X)	0.0 c	0.0 b	0.0 c	0.0 b	100.0 a	96.3 a	100.0 a	96.3 a
CK	0.0 c	0.0 b	0.0 c	0.0 b	0.0 d	0.0 e	0.0 f	0.0 d

[z] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Fisher's protected least significant difference test (SAS Institute 1988).

表 4. 苦瓜浸藥對瓜實蠅產卵之影響

Table 4. Influence of insecticides on the number of melon fly staying on bitter gourd, the number of ovipositional puncture and the number of egg laid in the tests by bitter gourd dipping method

Insecticide (Dilution rate)	No. of flies stay on bitter gourd		No. of punctures per bitter gourd	No. of eggs laid per bitter gourd
	Female	Male		
2.5% Spinosad SC (750X)	23.3de[z]	3.0 a	5.3 cd	112.5 bc
2% Abamectin EC (2000X)	44.8 a	2.5 ab	2.8 ef	50.8 de
4.5% Neemix EC (1000X)	36.5 abc	1.0 b	10.5 a	202.5 a
2.8% Deltamethrin EC (1000X)	4.0 g	0.8 b	0.8 g	5.5 f
50% Malathion EC (500X)	35.0 bc	0.8 b	8.0 b	162.5 ab
60% Diazinon EC (1000X)	15.0 ef	0.8 b	6.5 bc	93.3 cd
44% Dimethoate EC (1000X)	8.3 fg	1.0 b	1.8 g	31.5 ef
50% Fenitrothion EC (1000X)	20.0 de	1.8 ab	4.0 de	82.8 cd
40.8 % Chlorpyrifos EC (1000X)	25.3 cd	1.3 ab	5.5 cd	107.3 c
50% Fenthion EC (1000X)	8.0 fg	0.3 b	2.0 f	34.8 ef
CK	39.8 ab	2.3 ab	7.3 b	175.0 a

[z] Means within each column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Fisher's protected least significant difference test (SAS Institute 1988).

討　　論

使用藥劑防治瓜實蠅，主要是藉由毒殺與忌避效果，保護果實免受產卵爲害。Keiser *et al.*[10] 曾測定不同藥劑對瓜實蠅的半數致死劑量(LD_{50})，結果顯示供試藥劑對瓜實蠅之毒性強弱，依序爲大滅松、撲滅松、陶斯松、芬殺松、大利松及馬拉松。而本試驗結果顯示上述六種藥劑與第滅寧不論是使用直接噴佈或經由藥膜接觸，均能使瓜實蠅於處理後 4 小時內，達到 100%死亡率，其致死效果並無顯著差異。應具田間應用性，似可推薦農民使用以減少田間用藥混亂現象。

本試驗中，賜諾殺及阿巴汀直接噴佈或經藥膜接觸，對瓜實蠅的致死效果雖較馬拉松慢，但此乃因本試驗對蟲體死亡之認定，以完全不動爲標準。而試驗過程雖亦發現，受賜諾殺及阿巴汀毒害之瓜實蠅，初期即呈活動減慢甚至不活動之不正常現象，且無法回復正常，最後死亡，但死亡之記錄仍待蟲體完全不動時，因此記錄之致死時間較慢。若以其不正常活動時即判定死亡，則其效果並未較馬拉松等化學藥劑差。

以印度棟商品分別加入地中海果實蠅及西方櫻桃實蠅 (*Rhagoletis indifferens* (Curran)) 成蟲食物中，可減少成蟲壽命及降低產卵量，並可致死[18, 19]。但本試驗以印棟素直接噴佈或經藥膜接觸對瓜實蠅並無殺蟲效果。印棟素對瓜實蠅之防治可能須配合誘餌使用，經取食後才能發揮效果。

本試驗中，小苦瓜浸漬藥劑形成藥膜，對瓜實蠅的殺蟲效果明顯延後且較差，但若與藥膜法所得的速效結果比較，此應爲本試驗未添加展著劑所致，藥劑在苦瓜上殘留效果可能較差此外瓜實蠅需停留在浸過藥的苦瓜上，蟲體接觸苦瓜方能發揮殺蟲效果，不似藥膜法乃強迫性接觸，因此殺蟲時間延後。此點由比較雌、雄蟲於小苦瓜上的停留數即可發現雌蟲數量遠多於雄蟲，而雌蟲的死亡率亦高於雄蟲。

採用直接噴佈與藥膜法測試時，化學藥劑間的殺蟲效果並無差異，但於苦瓜上施用供試藥劑，可發現在毒效方面，處理後 24 小時以芬殺松與第滅寧的殺蟲效果最好，其次爲大利松、陶斯松、大滅松、撲滅松與馬拉松。因此，小苦瓜上雌蟲停留數、產卵孔數與產卵數亦是芬殺松與第滅寧最少，但仍不能完全防止瓜實蠅產卵。

Albrecht and Sherman[7] 研究報告，將 Avermectin B1 施用於瓜實蠅中胸背版，可降低其產卵量與卵孵化率。而本次試驗結果亦發現，小苦瓜施用阿巴汀，雖然雌、雄蟲停留數與對照組並無差異，且48 小時後，雌雄蟲死亡率亦分別只有 30%與 13.8%，但其在苦瓜上的產卵孔數與產卵數卻與對瓜實蠅殺蟲效果最好的芬殺松與第滅寧無顯著差異。馬拉松處理組 48 小時後其雌蟲死亡率僅 46.3%，但其小苦瓜上的產卵數卻達 162.5 粒與對照組無差異。顯示阿巴汀直接施用於小苦瓜上，亦可達到降低瓜實蠅產卵的效果，若能配合適當的濃度與展著劑的使用提升其殘留性與殺蟲效果，加上其減少產卵的特性，則阿巴汀非常有潛力可成爲瓜實蠅田間防治藥劑。

印度棟種子萃取物經證實可有效抑制東方果實蠅及瓜實蠅雌蟲於處理過番石榴與苦瓜上產卵[8,15]。但本次試驗使用之印棟素含有印度棟種子萃取物中有效殺蟲成分 4.5% azadirachtin，並無抑制瓜實蠅產卵的效果，此可能爲 azadirachtin 並非致使瓜實蠅與果實蠅產生忌避的成分。

綜合本試驗結果，在所有供試藥劑中，芬殺松及第滅寧本身殺蟲效果最好，而其它藥劑需搭配展著劑使用提高其殘留性方能發揮原有之殺蟲效果。阿巴汀以其爲生物性藥劑，本身具降低瓜實蠅產卵與卵孵化率特性，配合適當的濃度與展著劑的使用，十分具有潛力，值得於田間進一步探討其對瓜實蠅之防治效果。

引用文獻

1. 方敏男、章加寶。1987。瓜實蠅在苦瓜園之族群消長爲害及套袋防治觀察。植物保護學會會刊 29:45-51。
2. 李錫山。1972。瓜實蠅之生態研究。植物保護學會會會刊 14：175-182。
3. 劉玉章。1990。瓜實蠅引誘劑之利用。重要蔬菜害蟲綜合防治研討會論文集。中華昆蟲特刊第四號 115-129 頁。
4. 劉玉章、蕭添印。1984。瓜實蠅之大量飼育 I .幼蟲飼養技術。興大昆蟲學報 17:1-13。
5. Adan, A., P. D. Estal, F. Budia, M. Gonzalez, and E. Vinuela. 1996. Laboratory evaluation of the novel naturally derived compound spinosad against *Ceratitis capitata*. Pestic. Sci. 48:262-268.
6. Anna, M., I. Ishaaya, A. Ferigberg, A. Yawetz, A. R. Horowitz, and I. Yarom. 2001. Toxicological studies of organophosphate and pyrethroid insecticides for controlling the fruit fly *Dacus ciliatus* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 94 (5): 1059-1066.
7. Albrecht, C. P., and M. Sherman. 1987. Lethal and sublethal effects of Avermectin B1 on three fruit fly species (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 80:344-347.
8. Chen, C. C., Y. J. Dong, L. L. Cheng, and R. F. Hou. 1996. Deterrent effect of neem seed kernel extract on oviposition of the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in guava. J. Econ. Entomol. 89: 462-466.
9. Hsu, J. C., and H. T. Feng. 2000. Insecticide susceptibility of the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) (Diptera: Tephritidae) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 20:109-118.
10. Keiser, I., R. M. Kobayashi, E. L. Schneider, and I. Tomokava. 1973. Laboratory assessment of 73 insecticides against the Oriental fruit fly, melon fly, and Mediterranean fruit fly. J. Econ. Entomol. 76:837- 839.
11. King, J. R., and M. K. Hennessey. 1996. Spinosad bait for the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Florida Entomol. 79:526-531.
12. Koren, B., A. Yawetz, and A. S. Perry. 1984. Biochemical properties characterizing the development of tolerance to malathion in *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 77:864-867.
13. Mary, F. P., J. D. Stark, and R. H. Messing. 1994. Insecticide effect on three Tephritid fruit flies and associated braconid parasitoids in Hawaii. J. Econ. Entomol. 87:1455-1462.
14. Roessler, Y. 1989. Insecticidal bait and cover sprays, p. 329-336. *in* Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control. (A. S. Robinson & G. Hooper, eds.), Elsevier, Amsterdam.
15. Singh, R. P., and B. G. Srivastava. 1983. Alcohol extract of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seed oil as oviposition deterrent for *Dacus cucurbitae* (Coq.). Indian J. Entomol. 45:487-498.
16. SAS Institute. 1988. SAS user's guide: statistics. SAS Institute, Cary, N. C. 17. Steven, L. P., and G. T. Mcquate. 2000. Fields tests of environmentally friendly malathion replacemtnts to suppress wild Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 93:280-289.
18. Vanranden, E. J., and B. D. Roitberg. 1998. Effect of a neem (*Azadirachta indica*) –based insecticide on oviposition deterrence, survival, behavior and reproduction of adult western cherry fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 91:123-131.
19. Vincenzo, D. I., C. Massimo, M. Daniela, N. Paola, and D. Romano. 1999. Effects of a neem compound on the fecundity and longevity of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 92: 76-82.

Laboratory Bioassay of 10 Insecticides against the Melon Fly (*Bactrocera cucurbitae*)[1]

Yaw-Jen Dong[2], Ling-Lan Cheng[2] and Chien-Chung Chen[2,3]

Summary

Ten insecticides were assayed in the laboratory for toxicity to the melon fly (*Bactrocera cucurbitae*) by spray tower method, residue film method, and bitter gourd dipping method. Spray and residue film tests showed that malathion, diazinon, dimethoate, fenitrothion, chlorprrifos, fenthion, and deltamethrin caused 100% death of flies in 4 hr after treatment. Spinosad and abamectin both caused 100% death of flies in 72 hr after treatment with the spray tower method, 24 and 48 hr, respectively, with the residue film method. Neemix was ineffective against the melon fly. Results of the bitter gourd dipping test showed that fenthion and deltamethrin were the most toxic insecticides tested against female flies in terms of mortality and reduced the number of eggs laid by the female flies on the bitter gourds. We conclude that abamectin has the greatest potential for controlling *B. cucurbitae* among the insecticides tested in this experiment.

Key words: *Bactrocera cucurbitae*, Insecticides, Toxicity.

---

1. Contribution No.2135 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : October 9, 2002.
2. Assistant, Former Research Assistant and Associate Entomologist, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan. ROC.
3. Corresponding author, e-mail: chiencc@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23302804.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 51(4):73~83(2002)

溫度估算日射量之可行性評估 [1]

姚銘輝 [2,4]　陳述 [3]　漆匡時 [2]　蔡金川 [2]

摘要：作物模擬模式的開發或驗證常需要日射量此項氣象資料，但受限於感測器較昂貴及自動紀錄等因素，日射量的累積資料或各測站點的分布均不如溫度密集，因此，本研究探討利用日最高溫及最低溫的溫差推估日射量的可行性。以農業試驗所氣象站資料分析溫差及輻射量在不同年際及季節間的差異，發現降雨狀態會影響溫差估算日射量的準確度，尤其是每年 6 月至 10 月較多雨的季節，但若將降雨量納入迴歸式可降低誤差值。依據不同氣候狀態及海拔高度分別選取 6 個測站的資料作分析，利用迴歸式估算日射量，在均值平方根偏差的範圍為 1.02-6.08 MJ m^{-2} day^{-1}，均值偏差為 2.33 MJ m^{-2} day^{-1}。

關鍵詞：日射量、日射量比、均值平方根偏差、均值偏差。

前　　言

太陽光照射在葉片上，輻射能在葉綠體膜轉為化學能，提供作物同化作用的能量來源，一般將太陽所釋放的光稱為日射量(solar radiation)。由於日射量對作物生長及分化具有直接作用，因此在農業研究上常需要利用此項氣象資料，尤其是作物模式的建立與驗證等相關研究，更需要以日射量為基本輸入值。不過，由於量測日射量的儀器過於昂貴，且非每一氣象測站皆有觀測，我國自 1980 年起在一級測站才有此項資料，因此在 1980 年以前或目前簡易型測站的日射量需以估算方式求得。

太陽輻射依據量測的位置可區分為大氣層外日射量(extraterrestrial solar radiation；R_a)及近地面之全天空日射量(global solar radiation；R_{sp})兩種。由於太陽所輻射的熱量一般可視為常數，地球外輻射量可依量測點和太陽的距離及地球運轉速度加以計算，但近地面量測之太陽輻射受雲層影響而降低，雲本身非常複雜，包括雲層厚度、高度、及雲中水汽量皆會影響太陽光的直射及散射，雲的量化觀測及數值分析處理是目前氣候模式仍無法克服的問題(14)，這也直接增加太陽輻射估算的難度。

基於日射量取得上的困難，是否可由其他氣象因素加以估算？目前利用氣象衛星觀測直接估算地面之日射量已有相當多報告(16,23)，這方面研究可精確建立日射量的氣象網格(mesh)，不過除衛星資料取得及判讀仍不普及外，對於歷史資料也無法提供，在實用上仍有限制之處。而利用歷史資料中其他氣象因素估算日射量，包括日照時數(18)、雲覆蓋率(7)、最高及最低溫度差(19)及降雨日數(15)等皆有相關研究報告，同時有些研究利用兩種以上氣象因素作估算，例如 De Jong and Stewart(9)利用溫度及降雨量估算日射量值和實測值之決定係數可達 0.7 以上。

我國氣象站的設置除氣象局所屬 25 個氣象站及 17 個農業一級站(自動且觀測項目齊全之測站)

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2136 號。接受日期：91 年 11 月 20 日。
2. 本所農工組助理研究員、助理研究員、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所種原組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：mhyao@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23338162。

外，另有二級站(傳統自記式或自動紀錄之測站)及學校、水利局及糧食局所屬之專用站，就測站的數目及分佈是相當密集，但每一測站的觀測項目並不相同，以日射量爲例，僅氣象站、農業一級站及少數觀測站有此項資料，而此項氣象因素又受地域條件影響極大，例如海拔高度及坡向等。陳等[1]曾利用日照時數資料將我國不同地區估算日射量經驗式的參數求出，同時估算值和實測值相關係數在 0.8 以上。然而，日照時數紀錄時間雖較日射量長，但仍並不普遍，本研究擬利用溫度估算日射量，探討溫差日變化和當日日射量的關係，並試圖找出經驗式的參數，以供氣象資料短缺時參考之用。

材料與方法

本文利用農業試驗所農業一級測站過去十年氣象資料爲來源，以建立分析的流程，同時依據地理及氣候特性選取四個測站(台北、台中、高雄及花蓮)的資料分析，高山氣候依不同海拔高度，分別以日月潭(1007m)及阿里山(2416m)爲代表，各測站均爲中央氣象局所屬氣象站，資料年份是由 1992 至 2001 年，共十年的資料。所使用資料包括平均最高溫、平均最低溫、日照時數、降雨量、降雨日數、雲量及日射量等七項。

不同氣象因素之迴歸參數的檢測是利用均值相關統計方法，包括均值偏差(mean bias error; MBE)及均值平均根偏差(root mean square error; RMSE)兩種方式。

$$MBE=[\Sigma(Fi\ comp - Fi\ meas)]/n$$

$$RMSE=\{[\Sigma(Fi\ comp - Fi\ meas)^2]/n\}^{½}$$

Fi comp 指第 i 筆估計值，Fi meas 指第 i 筆實測值，n 爲所有測定值數目。RMSE 值低表示估算正確率高；MBE 值若爲正則爲高估，爲負則爲低估。分析軟體爲 SPSS 套裝統計軟體[22]。

日射量由氣溫資料估算之公式是依據 Richardson [19]所提出：

$R_{sp} / R_a = a\ (T_{max}-T_{min})^b$……………………………………（1）

R_a:大氣層外的日射量(MJm^{-2})

R_{sp}:近地面日射量(MJm^{-2})

T_{max} 及 T_{min} 分別爲日最高及最低氣溫(℃)

R_a 依據 Seller [21] 定義爲大氣層上每一點的日射量，其計算公式爲

$R_a =(tn/\pi)*Sp_0*(<D>/D)^2*[H*\sin(\delta)*\sin(\lambda)+\cos(\delta)*\cos(\lambda)*\sin(H)]$……(2)

t 是輻射量計算時間(min)，n 爲轉換常數(0.060 MJ kw^{-1} min^{-1})，Sp_0 爲太陽常數(1378 kw m^{-2})，<D>地球至太陽平均距離(m)，D 爲計算當天地球至太陽的距離，H 爲半日長度(half-day length)(rad)，δ太陽赤緯(declination)(rad)，λ爲緯度(rad)。其中 D 及 H 的計算爲

$D =1.5*10^{13}-0.0252*10^{13}*\cos[(DOY-3.0)*2\lambda/366]$…...(3)

$H =2\lambda/24*DAYLEN/2$……………………………………(4)

DOY 爲積日(day of year)；DAYLEN 爲理論日長

結果與討論

目前估算日射量的方式有許多種，包括以其他氣象因素利用迴歸方式發展出簡易經驗公式，或由複雜的傅利葉分析(Fourier analysis)計算太陽光的吸收及散射(scatting)[5] 皆有。但過於複雜的演算程序往往需要較艱澀的數理背景，雖可提高預測能力，但限制普遍運用的機會。簡易的經驗公式雖預測能力稍差，但資料取得及計算方便，反而有較多的文獻探討，而本研究中即以溫度及降雨兩項氣象因素作爲估算太陽輻射的資料來源。

利用最高溫及最低溫的差異估算日射量的理論基礎是地表邊界層的能量變化。就地面能量平衡的觀點，如果不考慮土壤熱流，則淨輻射量(net radiation)可分爲潛熱(latent heat；L)及可感熱(sensible heat；S)，一般可將這兩種通量(flux)以 Bowen ratio(L/S)表示。潛熱來自於太陽光對作物植被(canopy)或土壤水分的加熱，可感熱則是白天氣溫的提高(對空氣加熱)。在典型夜間微氣象，因輻射冷卻現象氣溫會接近於露點溫度(dew point temperature)，最低溫往往是出現在太陽出現前，而當太陽輻射強烈時，對空氣的加熱在正午達到最高，也就是最高溫度的產生。因此就學理而言，最高溫及最低溫的差值可表示爲太陽輻射對空氣的加熱幅度。由本所農業氣象站過去 10 年資料分析可知，月最高溫及最低溫差值在 8-12℃之間（圖 1），其中 3 月至 9 月差值較低，同時變異量也較低，可能此段時期爲雨季，空氣中水汽量高有關，太陽輻射的能量釋放以潛熱居多，可感熱相對較少所致。至於日射量的變化，夏季雖受降雨天數較多影響，但由於受太陽直射影響，輻射量約爲 11-13 MJ m^{-2} day^{-1}，不過也因雲層及降雨緣故，變異量較大。

表 1 爲日最高溫度及最低溫度的差值和日射量的相關性，兩者決定係數(coefficient of determination；R^2)的月平均值在 0.5 以上，但七至十月的四個月中決定係數明顯偏低，其中以 1993 年 8 月、2000 年 9、10 月及 2001 年 8 月的決定係數最低，低於 0.1 以下，由氣象資料可發現，在這些月份平均日射量皆高，例如 2000 年 9 月的月平均日射量高達 13 MJ m^{-2} day^{-1}，日最高值更達 17 MJ m^{-2}，但在連續高日射量後出現低日射量，且這一日並無降雨(或少量降雨)資料，溫差也並未下降，此情形導致決定係數數值的下降。舉例而言，2001 年農業試驗所測站 1 月（圖 2）及 7 月（圖 3）溫差及日射量比值的關係圖，黑色條狀表降雨日，降雨時期溫差及日射量比皆會下降（如 1 月資料），但有些情形並不一致，例如圖 3 中 7 月 25-27 日皆有降雨紀錄，溫差下降不明顯，但日射量比反而有增高趨勢，經查詢原始資料後發現，7 月 25 日降雨量 50 公厘，日射量由前一日 11.98 MJ m^{-2} 降至 8.16 MJ m^{-2}，但接下來二日雖爲降雨日，但雨量僅爲 0.5 公厘，日射量迅速上升，7 月 27 日更高達 17.05 MJ m^{-2}。這說明降雨對溫差及日射量的影響程度不同，因此在估算日射量時，應對降雨量作一規範，否則容易造成估算上的錯誤。

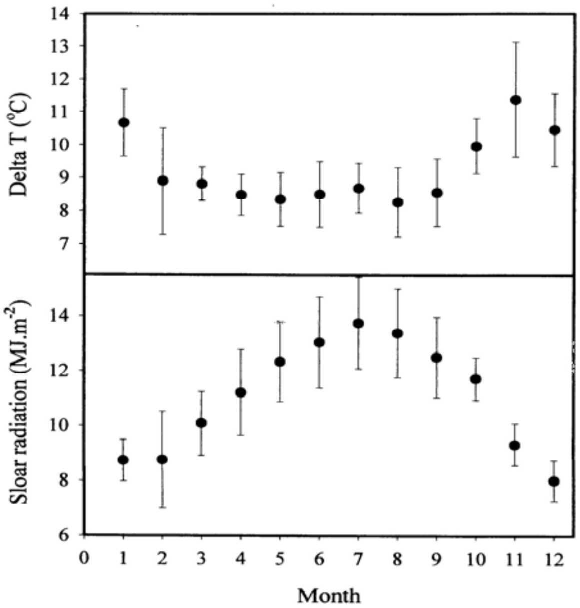

圖 1. 農業試驗所 1992-2001 年之日溫差及日射量之月平均值。

Fig.1. The monthly change in delta temperature (daily range of air temperature) and solar radiation at Taiwan Agriculture Reasearch Institute form 1992 to 2001.

降雨量是否可作爲估算日射量的資料來源？De Jong and Stewart[9]以溫差和降雨量的迴歸式『 $R_{sp}/R_a = a(\Delta T)^b(1+cP+dP^2)$，P 爲降雨量』分析加拿大七個測站資料，發現冬季（降雨量少）決定係數低於 0.5；夏季（降雨量多）則決定係數高於 0.7 以上，同時經驗式中之參數値不受地域影響。台灣地區降雨特性，每一降雨事件的降雨量及持續時間差異極大，以台中地區過去 40 年雨量資料分析，降雨量年際之間變異係數(coefficient of variation；CV)高達 21.4％[4]，日累積雨量更有高達 300 公厘的記錄。因此，圖 4 是將 1999-2001 年農試所測站降雨資料和日射量比的相關圖，由資料分析中可知，

表 1. 農業試驗所 1992-2001 年之日溫差(最高溫-最低溫)和日射量之決定係數

Table 1. Relationship (coefficient of determination) between the difference of daily temperature (maximum-minimum) and the solar radiation in 1992-2001, TARI

	Month											
Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1992	0.71*[z]	0.85*	0.86*	0.71*	0.81*	0.68*	0.74*	0.82*	0.37	0.35	0.82*	0.74*
1993	0.85*	0.41*	0.68*	0.80*	0.77*	0.86*	0.23	0.10	0.43*	0.54*	0.82*	0.82*
1994	0.85*	0.89*	0.60*	0.69*	0.54*	0.76*	0.24	0.79*	0.47*	0.75*	0.55*	0.71*
1995	0.79*	0.81*	0.77*	0.90*	0.76*	0.78*	0.53*	0.85*	0.48*	0.33	0.50*	0.60*
1996	0.51*	0.81*	0.42*	0.68*	0.70*	0.39	0.69*	0.68*	0.34	0.68*	0.65*	0.51*
1997	0.71*	0.89*	0.69*	0.73*	0.70*	0.83*	0.83*	0.73*	0.69*	0.65*	0.45*	0.73*
1998	0.73*	0.75*	0.71*	0.73*	0.57*	0.75*	0.22	0.72*	0.80*	0.63*	0.38	0.83*
1999	0.67*	0.86*	0.79*	0.60*	0.74*	0.71*	0.66*	0.92*	0.68*	0.61*	0.37	0.72*
2000	0.78*	0.84*	0.83*	0.68*	0.83*	0.83*	0.60*	0.39	0.03	0.03	0.65*	0.77*
2001	0.80*	0.89*	0.86*	0.61*	0.62*	0.84*	0.63*	0.07	0.88*	0.49*	0.79*	0.79*

[z] * indication of the coefficient of determination is significant at the 0.05 level under two-tailed test.

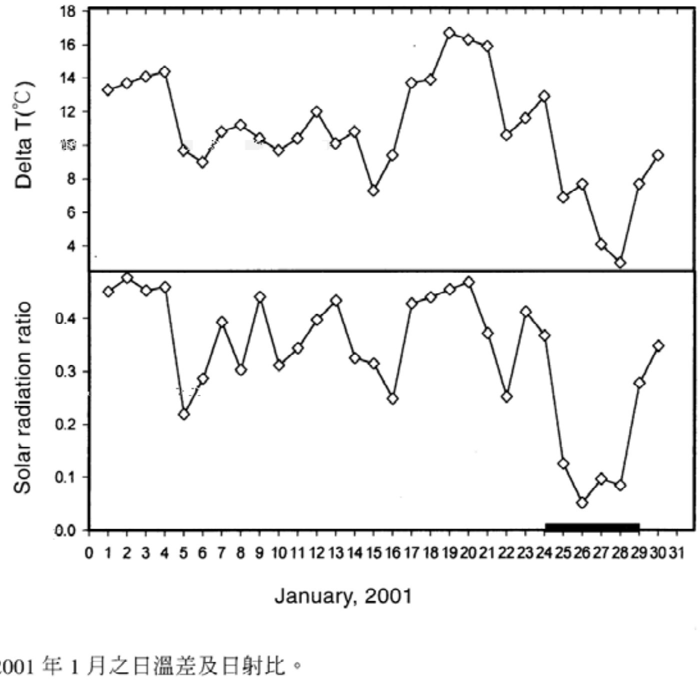

圖 2. 農業試驗所 2001 年 1 月之日溫差及日射比。

Fig.2. The delta temperature and solar radiation ratio at TARI in January, 2001. The black bars indicated the rain day.

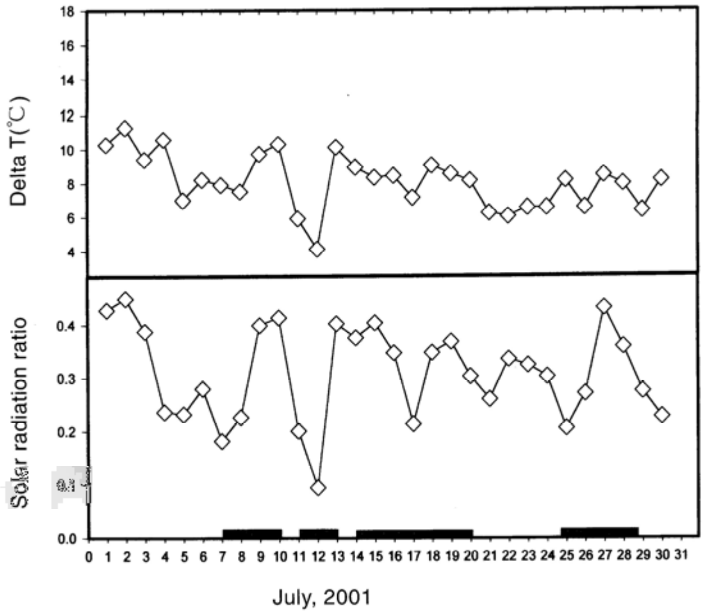

圖 3. 農業試驗所 2001 年 7 月之日溫差及日射比。

Fig.3. The delta temperature and solar radiation ratio at TARI in July, 2001. The black bars indicated the rainday.

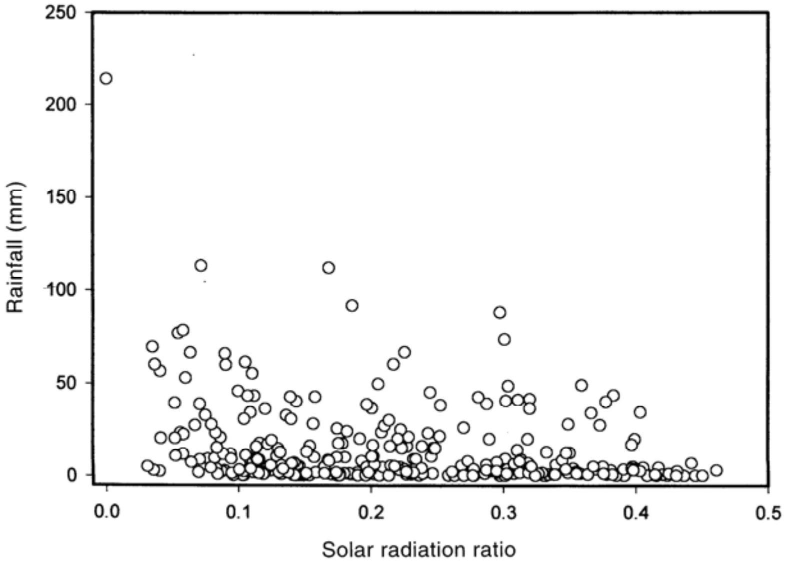

圖 4. 農業試驗所 1999-2001 年之日射比及降雨量之關係性。

Fig.4. Relationship between solar radiation ratio and rainfall at Taiwan Agriculture Research Institute in 1999-2001.

經驗式以指數性較二次式更能代表降雨量及日射量比(Rsp/ Ra)的關係，這個特性分別以台北、台中、高雄及花蓮等不同地域的降雨資料作驗證，所得結果相一致。當降雨資料大於 0.5 公厘時，降雨量和日射量比的相關係數爲 0.46，大於 10 公厘 0.51，大於 20 公厘 0.59，大於 30 公厘 0.70，大於 50 公厘 0.73，大於 75 公厘 0.89，大於 100 公厘 0.99。日降雨量越多，雲層越厚及雲中含水汽量高，自然阻擋太陽輻射到達地面的量，但降雨量低(<10 公厘)時容易造成估算的錯誤，以夏季常發生之午後雷陣雨爲例，降雨影響日射量的累積，但降雨前後可能是艷陽高照，日溫差變化不大而日射比顯著下降，如此容易造成估算上的錯誤。因此，將表一所列決定係數偏低之月份，依據『 $R_{sp}/R_a = a(\Delta T)^b\,(1+c\ln(P))$，P 爲降雨量』迴歸式計算，其中降雨量低於 10 公厘時，P 設爲 0，則決定係數將會明顯增高。例如 2001 年 8 月的決定係數爲 0.07，經調整後提高爲 0.34，而在本研究後續有關溫差估算日射量部分，針對容易受雨量影響的時期（6 月至 10 月）也以上式處理。

日射量和降雨天數之間的關係爲何？McCaskill [15] 以 $R_{sp} = aR_a + bR^1t\text{-}1 + cR^1t + dR^1t\text{+}1$ 公式計算每日輻射量，其中 a，b，c 及 d 爲經驗係數，R^1 爲轉換後之降雨資料，t-1，t 及 t+1 爲估算前一天、當日及後一天。R^1 的轉換是日降雨量大於 0.1 公厘視爲 1，不下雨視爲 0。不過，以本所氣象站過去十年降雨資料代入 McCaskill 之估算式中，並不能準確的預估日射量，可能原因除降雨外，雲量多寡及量測時微氣象均需考慮，若僅由降雨天數（或時數）估算我國此種對流旺盛及天氣型態變化快速的環境顯然不足。Liu and Scott [12]以澳洲 39 個氣象站的資料分析，由溫差及降雨資料所發展出之 9 種估算日射量模式的結果顯示，結合溫差及降雨天數兩氣象因子可提高估算日射量的準確度，其中降雨天數的迴歸式是依循 McCaskill 之計算式，本研究進一步將 Liu and Scott 所發展的程式以本所氣象資料帶入，所得結果和單一利用溫差所作結果相近，這說明降雨天數此項氣象資料並無法有效地提高溫差估算日射量的準確度，事實上，降雨是多項氣象因素改變的原因也是結果，另包括大尺度天氣型態的作用，這造成降雨預測的困難，同時我國屬於海島性氣候，所受影響因素甚多，不若大陸性氣候（如澳洲）穩定，因此，降雨作爲日射量估算並不合適。

表 2 依不同氣候型態分別選擇台北、台中、高雄及花蓮，同時加上具高山特性之日月潭及阿里山等測站，以 1997 年至 2001 年利用日最高溫及日最低溫之差值估算日射量的決定係數，及估算係數的平均值。由五年的平均資料得知，利用溫差估算的決定係數在 6 個測站皆在 0.5 以上，在平地部份以高雄測站較低爲 0.54，花蓮測站較高爲 0.70，高地測站的決定係數較平地爲高，日月潭爲 0.77，阿里

表 2. 我國 6 個氣象站 1997-2001 年間估算日射量之公式係數及決定係數月平均值

Table 2. Monthly coefficient and statistics for estimates of solar radiation at 6 weather station in Taiwan, data derived form 1997-2001 years combined

Month	Taipei			Taichung			Kaohsiung			Hualien			Jihyuehtan			Alishan		
	a	b	$R^{2\,z}$	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2	a	b	R^2
Jan.	0.009	1.82	0.63	0.037	1.10	0.68	0.019	1.43	0.66	0.020	1.35	0.73	0.020	1.34	0.82	0.036	1.10	0.77
Feb.	0.010	1.80	0364	0.014	1.50	0.77	0.037	1.32	0.55	0.020	1.30	0.68	0.007	1.80	0.75	0.024	1.42	0.82
Mar.	0.008	1.68	0.67	0.13	1.50	0.75	0.028	1.30	0.46	0.017	1.29	0.76	0.013	1.45	0.81	0.014	1.55	0.75
April	0.005	1.92	0.67	0.015	1.48	0.68	0.049	1.15	0.45	0.018	1.48	0.72	0.019	1.27	0.75	0.027	1.22	0.77
May	0.012	1.49	0.61	0.013	1.58	0.64	0.038	1.33	0.47	0.021	1.41	0.72	0.016	1.45	0.81	0.028	1.18	0.73
June	0.013	1.46	0.68	0.010	1.79	0.66	0.016	1.92	0.60	0.027	1.42	0.69	0.023	1.30	0.74	0.024	1.15	0.71
July	0.012	1.56	0.57	0.015	1.70	0.59	0.008	2.13	0.44	0.019	1.78	0.60	0.015	1.46	0.69	0.027	1.15	0.64
Aug.	0.013	1.53	0.56	0.015	1.50	0.62	0.003	2.65	0.60	0.012	1.93	0.73	0.020	1.30	0.76	0.025	1.30	0.73
Sept	0.013	1.75	0.60	0.020	1.43	0.72	0.035	1.42	0.51	0.011	1.99	0.61	0.024	1.26	0.83	0.026	1.24	0.70
Oct.	0.019	1.75	0.54	0.011	1.55	0.73	0.024	1.60	0.53	0.014	1.83	0.77	0.013	1.62	0.68	0.016	1.55	0.67
Nov.	0.017	1.73	0.60	0.020	1.34	0.62	0.014	1.27	0.53	0.030	1.29	0.71	0.018	1.42	0.78	0.047	1.21	0.74
Dec.	0.023	1.48	0.61	0.020	1.36	0.70	0.031	1.22	0.66	0.028	1.51	0.70	0.022	1.38	0.78	0.033	1.27	0.79

Location: Taipei, Taichung, Kaohsiung, Hualien, Jihyuehtan, Alishan.

[z] A,b : coefficient of solar radiation estimating formula (eq1); R^2:coefficient of determination

山為 0.74，而 a，b 值受地域及季節性影響，a 值的範圍為 0.005-0.050 之間，b 值的範圍為 1.10-2.70 之間。利用溫差估算日射量是根據對空氣的加熱幅度，但空氣中的組成份也會影響兩者間的關係。Rizzi *et al.*,[20]曾對影響晴空輻射下降的原因進行探討，認為分別受臭氣(0.5-3%)、上層懸浮微粒(1.9-11%)、乾空氣(11-13%)、水汽(3.5-14%)和低層懸浮微粒(0.1-26%)，其餘則為雲所阻擋。我國各地皆會因都市化或工業化所排出氣體而造成不同程度的空氣污染，增加空氣中懸浮微粒的濃度。Bakan [6] 以氣候模式評估發現，灰塵沉降將使溫度下降，同時因空氣污染所形成雲層內組成分複雜，影響太陽光的入射及反射 [8] 外，也干擾空氣的加熱程度，不過，雖然空氣污染對於日射量或溫度皆會有直接或間接的影響，但污染源過於複雜，且常為偶發現象，除非有很長的完整紀錄，否則難以解釋對於氣象因子的影響。

雲量是決定太陽輻射到達近地面的重要因素，但雲量本身難以量化及自動連續記錄，雲量的觀測資料是以目測方式取得，同時僅在一級測站才有專業觀測員提供此項資料。過去也有學者利用雲覆蓋度估算日射量[10]，基本估算方程式為 $Rsp/Ra=p+q\ C+r\ C^2+sC^m$，其中 p,q,r,s,m 為經驗參數，C 為雲量。不過，這種較適合於長期資料分析(月或年)，日或時的分析誤差較大[17]，在本研究中也嘗試利用雲量估算日射量，但由於迴歸模式的決定係數偏低($R^2 \doteqdot 0.05$-0.35)，並未再深入探討。姚等人 [3] 曾以氣候變遷角度分析過去 40 年台北、台中、台南及恆春之雲層變化，台北除 12 月份雲量有下降外，其餘月份皆呈增加；台中則相反，除 2 月份些微增加外，其餘皆明顯下降，同時全年疏雲日數(scattered days)明顯增加，裂雲日數(broken day)下降，密雲日數(overcast day)些微下降，晴空日數(clear day)維持不變。雲層厚薄的變化可能會影響日最高溫及最低溫的出現，但如何估算及影響程度為何則需更進一步的探討。

圖 5、圖 6 及圖 7 是利用表二中溫差估算日射量迴歸式的參數估算 1995 年的日射量，圖中資料以旬為單位繪製，同時將估算值及實測值的均值偏差(MBE)及均值平方根偏差(RMSE)標示。6 個測站旬

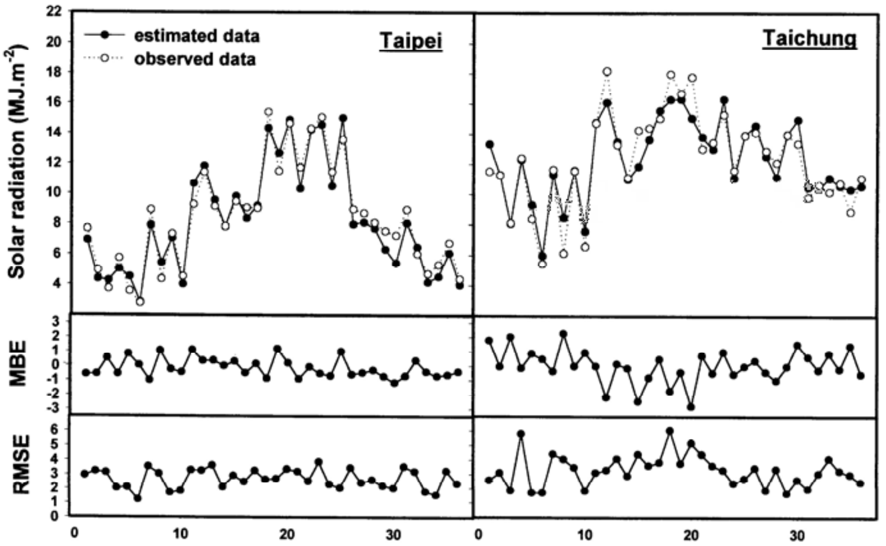

圖 5. 台北及台中測站 1995 年旬之日射量估算值及實測值和其均值偏差及均值平方根偏差。

Fig.5. Measured vs. modeled solar radiation and its mean bias error (MBE) and root mean square errors (RMSE) for 10-day period of 1995 at Taipei and Taichung.

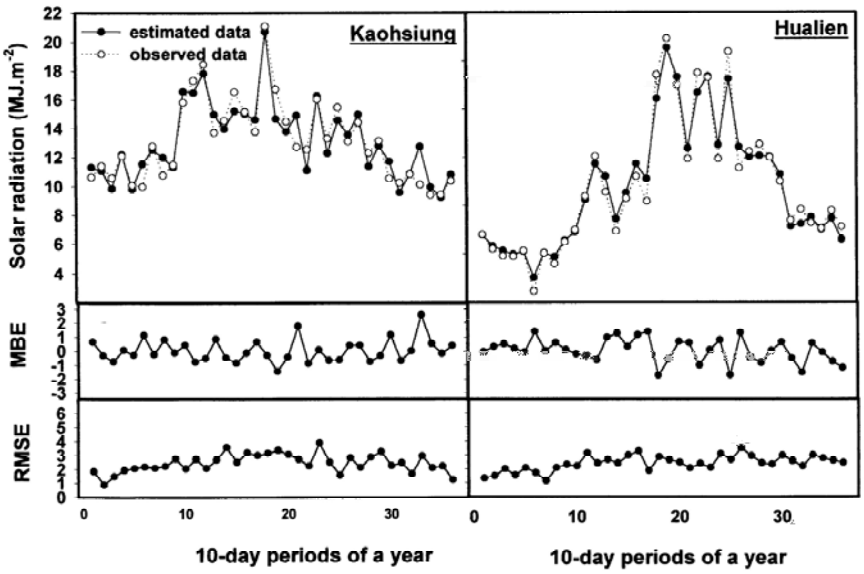

圖 6. 高雄及花蓮測站 1995 年旬之日射量估算值及實測值和其均值偏差及均值平方根偏差。

Fig.6. Measured vs. modeled solar radiation and its mean bias error (MBE) and root mean square errors (RMSE) for 10-day period of 1995 at Kaohsiung and Hualien.

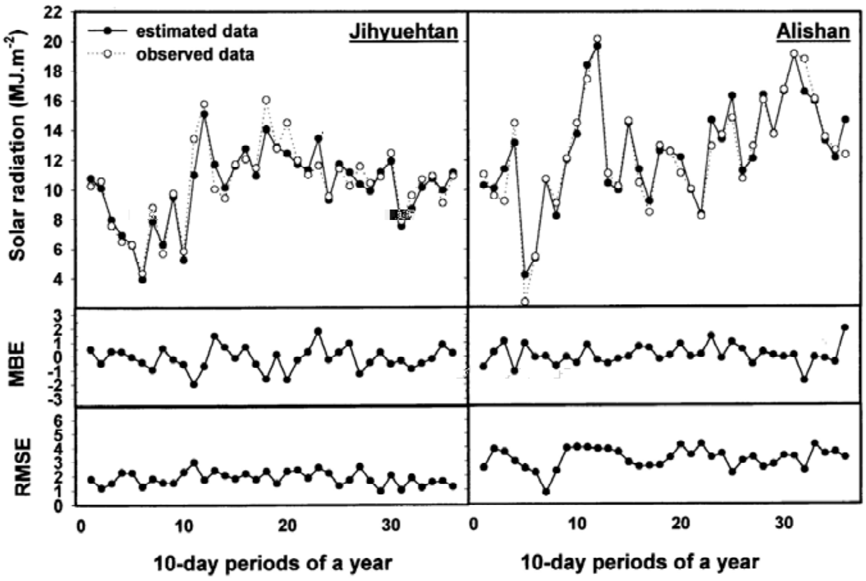

圖 7. 日月潭及阿里山測站 1995 年旬之日射量估算值及實測值和其均值偏差及均值平方根偏差。

Fig.7. Measured vs. modeled solar radiation and its mean bias error (MBE) and root mean square errors (RMSE) for 10-day period of 1995 at Jihyuehtan and Alishan.

之 RMSE 的範圍為 1.02-6.08 MJ m^{-2}，年平均值 2.65 MJ m^{-2}，為而每旬平均之估算誤差範圍在高估 2.33 MJ m^{-2} 至低估 2.73 MJ m^{-2} 之間，其中誤差範圍在 1MJ m^{-2} 的旬數佔 70 % 以上。Weiss *et al.*, [24] 利用包括最高及最低溫度差等氣象因子在內之 14 種迴歸式估算美國中部 10 個測站之日射量，所得結果之 RMSE 的範圍為 3.6-4.7 MJ m^{-2} 之間。Hunt [11] 由加拿大 8 個測站使用溫差及降雨量之五種日射量估算式，RMSE 的範圍為 4.0 至 7.2 MJ m^{-2}，本研究利用溫差並對降雨量作一限制的迴歸方式，在 6 個測站預估 1995 年的準確度尚可接受。

結　論

本研究中除日最高溫及日最低溫之溫差外，同時也利用包括降雨量、降雨天數及雲量等氣象因子估算日射量的可行性。但 Lund [13]利用月氣象資料探討溫度、雪覆蓋度、風速、日照時數、大氣壓力、雲覆蓋度及降雨等因子，發現日射量和日照時數的決定係數最高。由陳等人[1]利用我國各地氣象站日照時數資料估算日射量的結果，以台中測站為例，中央氣象局測站 1979-1991 年資料兩者相關係數 0.93，而本研究溫差的估算的相關係數為 0.82（決定係數的平方根），顯然利用溫差估算的準確度仍低於日照時數。日照時數的量測是將具有聚光的透明球體，利用太陽光經聚光後對球體下方紀錄紙燃燒的痕跡加以計算而得(Campbell-Stokes 式)，徐及唐[2]探討四種常見日照計對日照時間紀錄所需的最低日射量為 2.86-5.72 MJ $m^{-2}day^{-1}$。因此，日照時數雖然對於光度過高或過低無法解釋外，是一種直接對於太陽輻射的量測，而溫差則以氣象因子能量平衡的觀點，較會受到量測當時之環境影響，例如水汽量、懸浮微粒、風速、土壤或植被含水量等影響，但溫度此項氣象資料具有普遍性（至少對日照時數資料的取得而言），包括二級站或專屬氣象站皆有此項資料，而由本研究的結果顯示，利用日最高溫及日最低溫溫差所作估算日射量的迴歸式中，6 個氣象站的決定係數也達到 0.5 以上，是可資利用的估算方式。

引用文獻

1.陳琦玲、林正鈁、劉滄棽 。1994。台灣地區平地日射量之估算分析。中華農業研究 43:77-92。

2.徐森雄、唐琦。1994。不同日照計觀測結果之比較。中華農業氣象 1:75-79。

3.姚銘輝、盧虎生、朱鈞。1999。台灣地區日溫差之分析。中華農學會報 188:32-46。

4.姚銘輝。2001。人工降雨對水稻生理反應及生育之影響。國立台灣大學農藝學研究所博士論文。台灣台北。170 頁。

5.Amato, V., A. Andretta, B. Bartoli, B. Coluzzi, V. Cuomo, F. Fontana, and C. Serio. 1986. Markov processes and fourier analysis as a tool to describe and simulate daily solar irradiance. Solar Energy 37:179-194.

6.Bakan, S., A. Chlond, V. Vubasch, J. Feichter, H. Graf, H. Grassl, K. Hasselmann, I. Kirchner, M. Latif, E. Roeckner, R. Sausen, V. Schlese, D. Schriever, I. Schult, V. Schumann, F. Sielman, and W. Welke. 1991. Climate response to smoke from the burning oil wells in Kuwait. Nature 351:367-371.

7.Brinsfield, R., M. Yaramanoglu, and F. Wheaton. 1984. Ground level solar radiation prediction model including cloud cover effects. Solar Energy 33:493-499.

8.Charlson, R.J., S.E. Schwartz, J.M. Hales, R.D. Cess, J.A. Coakley, J.E. Hansen, and D.J. Hoffman. 1992. Climate forcing by anthropogenic aerosols. Science 255:423-430.

9.De Jong, R., and D. W. Stewart. 1993. Estimating global solar radiation from common meteorological observation in western Canada. Can. J. Plant Sci. 73:509-518.

10.Harrison, A. W., and C. A. Coombes. 1986. Empirical relationship of cloud shade to point cloudiness. Solar Energy 37:417-721.

11.Hunt, L. A., L. Kuchar, and C. J. Swanton. 1998. Estimation of solar radiation for use in crop modeling. Agric. For. Meteorol. 91:293-300.

12.Liu, D. L., and B. J. Scott. 2001. Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observation. Agric. For. Meteorol. 106:41-59.

13.Lund, I. A. 1968. Relationship between insolation and other surface weather observations at Blue Hill, Massachusetts. Solar Energy 12:95-106.

14.Mahlman, J. D. 1997. Uncertainties in projections of human-caused climate warming. Science 278:1416-1417.

15.McCaskill, M. R. 1990. Prediction of solar radiation from rain-day information using regionally stable coefficients. Agric. For. Meteorol. 51:247-255.

16.Pereira, E. B., S. L. Abreu, R. Stuhlmann, M. Rieland, and S. Colle. 1996. Survey of the incident solar radiation in Brazil by use of meteosat satellite data. Solar Energy 57:125-132.

17.Rao, C. R., W. A. Bradley, and T. Y. Lee. 1984. Some comments on angstrom type regression models for the estimation of the daily global solar irradiation. Solar Energy 34:117-119.

18.Revfeim, K. J. A. 1997. On the relationship between radiation and mean daily sunshine. Agric. For. Meteorol. 86:183-191.

19.Richardson. C. W. 1985. Weather simulation for crop management models. Trans. ASAE 28:1602-1606.

20.Rizzi, R., C. Serio, R. Guzzi, and M. Francesca. 1980. Solar direct irradiance at the ground : a parameter approach. Solar Energy 25:15-20.

21.Sellers, W. D. 1965. Physical Climatology. Univ. Chicago Press. Chicago, IL. pp.272.

22.SPSS Institute. 1998. SPSS user's guide. Version Base 8.0. Chicago. USA

23.Stewart, J. B., C. J. Watts, J. C. Rodriguez, H. A. R. Bruin, A. R. Berg, and J. Garatuza-Payan. 1999. Use of satellite data to estimate radiation and evaporation for northwest Mexico.Agric.Water Mag. 38:181-193.

24.Weiss, A., C. J. Hays, Q. Hu, and W. E. Easterling. 2001. Incorporating bias error in calculating solar irradiance : for crop yield simulations. Agron. J. 93:1321-1326.

Estimating Solar Radiation from Daily Temperature Data[1]

Ming-Hwi Yao[2,4], Shun Chen[3], Kuang-Shih Chi[2] and Jin-Chuan Tsai[2]

Summary

Solar radiation is an important input parameter for crop simulation model . Because the sensor of solar radiation is expensive, to measure solar radiation are not popular as air temperature. Therefore, the objective for this study is to develop the algorithms for calculating solar radiation from daily maximum and minimum temperature. With a 10-year data set from weather station of Taiwan Agricultural Research Institute, we found the rainfall condition highly effect the estimation of solar radiation based on daily temperature, especially during the high rain-month period (June to October). A newly combined formula that included the temperature and rainfall could provide the estimation with less error than single factor. This study evaluated the accuracy for using daily temperature to estimate daily solar radiation at 6 weather stations in Taiwan area, the root mean square error (RMSE) range between calculated values from developed model and measured data in 1995 was 1.02-6.08 MJ m^{-2} day^{-1} with a standard deviation of 2.33 MJ m^{-2} day^{-1}.

Key words : Solar radiation, Solar radiation ratio, Root mean square error (RMSE), Mean bias error (MBE).

---

1. Contribution No. 2136 from Taiwan Agriculture Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : November 20, 2002.
2. Assistant Researcher and Associate Researches, Respectively, Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Department of Plant Resource, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: mhyao@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23338162.

中華農業研究稿約

一、本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論(可略去)、誌謝(可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過十印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不需分章節撰寫，但需附中英文摘要，全文以不超過四印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿一份及影印稿二份(內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張(長 29.6 公分，寬 21 公分)空一行(double space)打字，上下應預留 3 公分，左右 2 公分空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。英文撰寫時，左邊對齊、字距一格，句距二格，以 Times New Roman 字體打字，以便審查。審查接受之稿件，隨文請附文稿內容磁片或電子檔案，以利電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題(Running title)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以“，”相隔，最後一人前加“and”字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen and Chyr-Guan Chen。每一作者需附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、卷期及頁數，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字為原則。以中(英)文發表者須附英(中)文摘要，置於本文之後，且內容須與中(英)文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文：依序為前言(INTRODUCTION)、材料與方法(MATERIALS AND METHODS)、結果(RESULTS)、討論(DISCUSSION)、結論(CONCLUSION)、誌謝(ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻(LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，須使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目(Heading)單行置於該章節之前，小章節題目(Sub heading)直接置於小章節之首。

表　　格：

1、每一表格應分別繕製，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 1 (Table 1.)，表 2 (Table 2.) 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,...等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。

5、表格僅列橫線。

6、性質類同之圖與表務請精簡與合併。

圖　　片：

1、圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙(白色透明紙)上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中加註者，應於圖中說明，或以括號註明於標題之後。

3、照片以光面紙爲原則，清晰度以縮小 50%可判讀爲宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面(25cm X 18cm)爲宜。

4、圖版及照片下方應有標題 (或另頁繕寫)，並按文中出現的順序加上圖 1(Fig.1)、圖 2(Fig.2)等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿應中英文併寫，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、引用文獻(LITERATURE CITED)－列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文爲限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991) (Lo 1991，1992) (陳 & 胡 1983) (Sung 1991；Hsu et al 1992)，置於引用文處。

2、中文稿可列中、英文文獻，文獻原文爲中(英)文者，須以中(英)文列文獻。英文稿之引用文獻須全採用英文。

3、中文文獻以作者姓氏筆劃爲序，英文文獻以姓名字母爲序。中英文併陳時，中文在前，英文銜接其後。作者相同時以年代先後爲序。

4、文獻之書寫方法以期刊爲例，依序爲作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

5、西文期刊名須用縮寫，其縮寫方式參照美國出版之〝Biosciences Information Service of Biological Abstracts〞規定，中文期刊用全名。

6、文獻的書寫範例如下：

(1)文獻出自學術性期刊

陳隆澤、胡念才。1983。水稻品種(系)對稻熱病抵抗性反應之研究。中華農業研究 32:1-13。

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34-43. (in Chinese with English Abstract).

Weng, J. H. 1992. CO2 exchange characteristics of C3 and C4 vegetable crops in response to light and nitrogen (in Chinese). J. Agric. Assoc. China 157:21-33.

(2)文獻出自著作性書籍

楊清白。1980。家畜飼料學。藝軒。台北。180 pp.

Sung, J.M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press, Taipei. 100 pp.

(3)文獻出自編輯性書籍

Lo, W. S. 1991. The effect of calcium on nitrogen metabolism. p.100-110. in : Biology of Rice. (Sung,J.M. and D.J. Liu, eds.) Chinese Agronomy Press, Taipei.

四、單位、縮寫格式及統計分析

1、所有度量衡均採公制，數量如用中(英)文數字，單位以中(英)文全名表示；數量如用阿拉伯數字，

單位以 SI units 爲準，如一公尺(one meter, 1 m)、二公克(two grams, 2 g)、三公升(three liters, 3 L)、四毫升(four milliliters, 4 ml)。各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里(km)、公尺(m)、公分(=厘米)(cm)、公釐(=毫米)(mm)、微米(μm)。

(2)重量(W)：公斤(kg)、公克(g)、μg。

(3)容積(V)：公升(L)、公撮(=毫升)(ml)、μl。

2、溫度：攝氏(C)、絕對溫度(K，但須加以說明)。

3、時間：年(yr)、月(mo)、週(wk)、日(天)(day,days)、時(hr)、分(min)、秒(sec)。

4、濃度：莫耳(M)、千分之一莫耳(mM)、當量(N)、千分之一當量(mN)。

5、重力加速度：g。

6、其他之縮寫：平均(av)、大約(ca)、直徑(diam.)。

7、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、...表示者均應加註顯著機率值 P(例如 $P<0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數(r)、決定係數(R)、變異係數(cv)、標準機差(se)等。

五、生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 Citrus sinensis；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 "." ，種名全寫，如 C. sinensis。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

六、稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案(IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他.)，並由作者負責前二校。除筆誤與格式外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

七、投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

中 華 農 業 研 究

第五十一卷 目 次

第一期

李裕娟、楊純明、張愛華——施用氮肥對水稻植株氮素、葉綠素及植被反射光譜之影響 1
張芳銘、楊純明、洪國源、施意敏、許福星、卜瑞雄、金文蔚——氣象因子對盤固草產量之影響分析 15
歐錫坤、陳琦玲——臺灣原生山櫻花的需冷量的評估 25
黃肇家、黃慧穗、蔡金玉——甘藍菜以塑膠袋密封帳氣調貯藏之研究 33
鄭 允、高靜華、黃毓斌——類阿巴汀產品之成份研究（英文） 43
黃阿賢——小年全株疏果對檸檬後續產量的影響 56
劉碧鵑、楊耀祥、王德男、王子慶——不同著果枝條對楊桃果實發育與貯藏品質之影響 61

第二期

謝光照、何千里、盧煌勝、陳炳輝、蔡志濃、劉慧瑛——食用白玉米台農 4 號之育成 1
胡敏夫、羅淑卿、劉新裕——仙草品種(系)間多醣體成分之組成與含量分析 17
林義恭、劉新裕、賴瑞聲、胡敏夫、高瑞隆、徐原田——台灣原生細本山葡萄的選種與栽培(I)細本山葡萄的外表型變異 24
呂秀英、魏夢麗、呂椿棠、陳烈夫——芋葉大小與形狀之生長型式量化分析及季節性變異 32
陳琦玲、連 深——台灣與日本土壤有機質的分解聚積模擬與肥力維持 50
姚銘輝、盧虎生、朱 鈞、蔡金川——台中地區 1960-1999 年間之溫度及降雨分析 66
陳淑佩、陳秋男、翁振宇——台灣新記錄害蟲-石蒜綿粉介殼蟲 (*Phenacoccus solani* Ferris) (Homoptera : Pseudococcidae) 79

第三期

張芳銘、楊純明、許福星、洪國源——利用植被反射光譜特徵估測盤固草之化學組成分 1
楊金興、曹文隆、謝光照、何千里、蔡志濃、林俊義、曾富生——落花生種原抗莢果黑斑病之篩選 ... 12
林素禎、吳繼光——磷酸根離子對叢枝菌根菌孢子發芽與菌絲生長之影響 20
陳殿義、李有世、顏志恒、蔡東纂——金門地區植物寄生性線蟲相調查初報 31
吳子淦——飼育外米綴蛾的合適飼料量 39
石憲宗、何琦琛、吳文哲——金門產金花蟲科 (昆蟲綱：鞘翅目)昆蟲 45
溫宏治、呂鳳鳴、郝秀花、劉政道——臺灣南部地區龍眼害蟲之發生與防治 56
楊淑惠、溫宏治——不同酵母菌應用於金香葡萄釀酒之研究 65

第四期

陳榮坤、楊純明——以近地面高解析植被光譜及模擬 SPOT 衛星寬頻光譜估測水稻生長性狀的變化 1
黃惠娟、李長沛、陳治官、鄭清煥、謝兆樞、林順福——篩選與水稻抗褐飛蝨基因連鎖之分子標誌 ... 19
楊金興、曹文隆、謝光照、何千里、蔡志濃、林俊義、曾富生——栽培季節對落花生品種間莢果黑斑病之影響 28
楊偉正、蕭吉雄、黃秋雄、劉邦基——絲瓜新品種台農一號之育成 37
黃晉興、王毓華、羅朝村——利用葉片圓盤接種法篩選甜瓜抗白粉病品種 49
陳殿義、顏志恒、蔡東纂——臺灣地區冬季綠肥作物對水稻田根部寄生性線蟲存活之影響 57
董耀仁、鄭玲蘭、陳健忠——十種藥劑對瓜實蠅 (*Bactrocera cucurbitae*)之室內毒效測定 66
姚銘輝、陳述、漆匡時、蔡金川——溫度估算日射量之可行性評估 73

JOURNAL OF

AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

Contents of volume 51,2002

Number 1

Yuh-Jyuan Lee, Chwen-Ming Yang and Ay-Hwa Chang—Changes of nitrogen and chlorophyll contents and reflectance spectral characteristics to the application of nitrogen fertilizer in rice plants 1

Fang-Ming Chang, Chwen-Ming Yang, Kuo-Yuan Hong, Yih-Min Shy, Fu-Hsing Hsu, Ruey-Hsiung Buu and Wen-Wei King—Analysis of Climatic Factors on Forage Yield of Pangolagrass 15

Shyi-Kuan Ou and Chi-Ling Chen—Chilling requirement for native *Prunus campanulata* Maxim in Taiwan 25

Chao-Chia Huang, Huey-Suey Huang and Chin-Yu Tsai—A Study on Controlled Atmosphere Storage of Cabbage with Sealed Plastic Tent 33

Edward Y. Cheng , Ching-Hua Kao and Yu-Bing Hwang—The Toxin Components Study on Generic Products of Abamectin 43

A-Shiarn Hwang—Effect of Fruitlet Stripping in Off-year on Subsequent Yield of 'Eureka' Lemon 56

Pi-Chuan Liu, Yau-Shiang Yang, Der-Lan Wang and Tsu-Ching Wang—Effects of different diameters of shoots on Development and Storage quality of Carambola Friut 61

Number 2

Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho, Hung-Shung Lu, Bing-Huei Chen, Jyh-Nong Tsai and Huey-Ing Liu —Development of a Single-Cross Green MaizeHybrid Tainung No.4 1

Min-Fu Hu, Shu- chin Lo and Sin-Yie Liu— Analysis on the Contents of Polysaccharide and Its Fractions in Different Varieties (Clones) of Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl.) 17

Yi-Kung Lin, Sin-Yi Liu, Ruey-Sheng Lai, Min-Fu Hu, Jui-Lung Kao and Yuan-Ten Shyu— Breeding selection and cultivation of *Vitis thunbergii* Sieb. & Zucc. var. *taiwaniana*. (I)The phenotypic variation of *Vitis thunbergii* Sieb. & Zucc. var. *taiwaniana*. 24

Hsiu-Ying Lu, Meng-Li Wei, Chun-Tang Lu and Lit-Fu Chan —Seasonal Variation and Quantitative Analysis of Growth Patterns in Size and Shape for Taro Leaves 32

Chi-Ling Chen Shen Lian—Modeling of Organic Matter Turnover and Fertility Maintenance in Taiwan and Japan 50

Ming-Hwi Yao, Huu-Shen Lur, Chun Chu and Jin-Chuan Tsai —Temperature and Rainfall Analysis in Taichung Area, 1960-1999 66

Shu-Pei Chen, Chiou-Nan Chen and Cheng-Yu Wong—New record of a pest -*Phenacoccus solani* Ferris (Homoptera : Pseudococcidae) in Taiwan 79

Number 3

Fang-Ming Chang, Chwen-Ming Yang, Fu-Hsing Hsu and Kuo-Yuan Hong —Estimation of Chemical Components of Pangolagrass Forage from Canopy Spectral Characteristics 1

Kin-Hsing Yang,Wen-Long Tsaus,Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho, Jhi-Nong Tsai,Chien-Yih Lin and Fu-Sheng Thseng —Screening the Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Germplasm for Resistance to Pod Rot Disease 12

Su-Chen Lin and Chi-Guang Wu —The Influence of Phosphate on the Spore Germination and Hyphal Growth of Arbuscular Mycorrhizal Fungi 20

Diann-Yih, Chen Yu-Shyh Lee, Jyh-Herng Yen and Tung-Tsuan Tsay —A Preliminary Investigation on Plant-Parasitic Nematodes at Kinmen 31

Tze-Kann Wu— The Amount of Diet Suitable for Rearing Rice Moth, *Corcyra cephalonica* Stainton 39

Hsien-Tzung Shih, Chyi-Chen Ho and Wen-Jer Wu —Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) from Kinmen 45

Hung-Chich Wen, Feng-Ming Lu, Hsiou-Hwa Hao and Tsung-Dao Liou —Insects Pests and Their Injuries and Control on Longan in Southern Taiwan 56

Shu-Hui Yang and Hung-Chich Wen—Studies on the Application of Commercial Yeast for the Manufacturing of Grape Wine 65

Number 4

Rong-Kuen Chen and Chwen-Ming Yang—Estimating Rice Growth Using Ground-Based Hyperspectral Reflectance Data and Simulated SPOT Broad Band Data 1

Huey-Jiuan Huang, Chang-Pei Li, Chyr-Guan Chern, Ching-Huan Cheng, Jaw-Shu Hsieh and Shun-Fu Lin —Screening Molecular Markers linked with Genes Resistant to Rice Brown Planthopper 19

Kin-Hsing Yang, Wen-Long Tsaus, Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho, Jhi-Nong Tsai, Chien-Yih Lin and Fu-Sheng Thseng—The Effect of Crop Season on Pod Rot Disease of Peanut (Arachis hypogaea L.) Varieties 28

Wei-Zheng Yang, Chi-Hsiung Hsiao, Chiou-Hsiung Huang and Pan-Chi Liou—Breeding of the Vegetable Sponge F1 Hybrid Cultivar Variety Tainung No. 1 37

Jin-Hsing Huang, Yu-Hwa Wang and Chaur-Tsuen Lo—Development of Leaf-Disk Method for Screening Melon Varieties Resistant to Sphaerotheca fuliginea Race 49

Diann-Yih Chen, Jyh-Herng Yen and Tung-Tsuan Tsay—Effects of Winter Green Manures on the Survival of Plant-Parasitic Nematodes in Rice Fields in Taiwan 57

Yaw-Jen Dong, Ling-Lan Cheng and Chien-Chung Chen—Laboratory Bioassay of 10 Insecticides against the Melon Fly (Bactrocera cucurbitae) 66

Ming-Hwi Yao, Shun Chen, Kuang-Shih Chi and Jin-Chuan Tsai—Estimating Solar Radiation from Daily Temperature Data 73

中 華 農 業 研 究

第五十一卷　　第四期

中華民國九十一年十二月出版

發 行 人：林 俊 義
總 編 輯：安 寶 貞
主　　編：陳 育 信　黃 淑 華　楊 舜 臣　陳 榮 華
編審委員：
農藝組：王 強 生（主審）
呂 秀 英　陳 一 心　楊 純 明　劉 新 裕
園藝組：歐 錫 坤（主審）
王 德 男　施 昭 彰　徐 信 次　劉 政 道
劉 邦 基
農化組：廖 慶 樑（主審）
王 鐘 和　郭 鴻 裕　劉 慧 瑛　簡 宣 裕
植病組：張 清 安（主審）
安 寶 貞　羅 朝 村　程 永 雄　蔡 武 雄
昆蟲組：羅 幹 成（主審）
王 清 玲　何 琦 琛　陳 炳 輝　陳 健 忠
鄭　 允　鄭 清 煥
農機組：梁 連 勝（主審）
黃 禮 棟　蔡 致 榮
種原組：范 明 仁（主審）
農經組：潘 德 芳（主審）

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員

Vol. 51., No.4 Dec. 2002

JOURNAL
OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Lin, Chien-Yih

EDITOR IN CHIEF: Ann, Pao-Jen

EDITORS:

Chen, Yu-Hsin	Huang, Shu-Hua	Yang, Shen-Chen
Chen, Long-Hua		

EDITORIAL BOARD:

Chang, Chin-An (Plant Pathology)	Ou, Shyi-Kuan (Horticulture)
Liang, Lien-Sheng (Agriculture Engineering)	Liaw, Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Lo, Kang-Chen (Applied Zoology)	Wang, Chang-Sheng (Agronomy)
Fan, Ming-Jen (Crop Genetic Resources)	Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei	Chen, Chien-Chung	Chen, Yi-Shin
Cheng, Ching-Huan	Cheng, Edward Yun	Cheng, Yung-Hsiung
Chien, Shiuah-Yuh	Guo, Horng-Yuh	Ho, Chyi-Chen
Hsu, Hsin-Tszu	Huang, Li-Dung	Liou, Pan-Chi
Liou, Tsung-Dao	Liu, Huey-Ing	Liu, Sin-Yie
Lo, Chaur-Tsuen	Lu, Hsiu-Ying	Shih, Jau-Chang
Tasi, Wu-Hsiung	Tsay, Jyh-Rong	Wang, Chong-Ho
Wang, Chin-Ling	Wang, Der-Nan	Yang, Chwen-Ming

Reviwers of the related fields are also invited from universities, and other research organizations

感謝本刊之評審委員

本刊刊載本所研究報告，無論篇幅與內容上，均有長足之成長與進步，深受各界所支持。謹此，對今年參與本刊稿件評審工作的諸位評審委員（如下列；依姓名筆劃排序），表示誠摯之謝意！

王敏昭	王裕文	申　雍	朱　鈞	成游貴
李　哖	李敏雄	呂明雄	林宗賢	林俊隆
林奕耀	林益昇	林珪瑞	林民生	吳文哲
吳啓南	洪崑煌	曹幸之	陳右人	陳　成
陳秋男	陳世銘	陳瑞祥	張武男	黃懿秦
黃振文	曾富生	曾慶瀛	楊正澤	鄭安秀
葉茂生	廖志翔	劉玉章	蔣慕琰	鄔宏潘
蔡文福	蔡竹固	蔡碧雲	盧　訓	盧虎生
賴博永	謝慶昌	謝豐國		

中華農業研究第五十一卷第四期

編　者：行政院農業委員會農業試驗所

發行人：林俊義

發行所：行政院農業委員會農業試驗所

地　址：台中縣霧峰鄉413萬豐村中正路一八九號

網　址：http://www.tari.gov.tw

電　話：(04)2330-2301～5

編　輯
印製者：普林特印刷有限公司

地　址：台北縣三重市忠孝路二段三十八巷六號

電　話：(02)29845807

中華民國91年12月出版

Vol. 51, No.4 Dec. 2002

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Estimating Rice Growth Using Ground-Based Hyperspectral Reflectance Data and Simulated SPOT Broad Band Data..........Rong-Kuen Chen and Chwen-Ming Yang··· 1

Screening Molecular Markers linked with Genes Resistant to Rice Brown Planthopper ....Huey-Jiuan Huang, Chang-Pei Li, Chyr-Guan Chern, Ching-Huan Cheng, Jaw-Shu Hsieh and Shun-Fu Lin···19

The Effect of Crop Season on Pod Rot Disease of Peanut (Arachis hypogaea L.) Varieties ....Kin-Hsing Yang, Wen-Long Tsaus, Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho, Jhi-Nong Tsai, Chien-Yih Lin and Fu-Sheng Thseng···28

Breeding of the Vegetable Sponge F_1 Hybrid Cultivar Variety Tainung No. 1 ....Wei-Zheng Yang, Chi-Hsiung Hsiao, Chiou-Hsiung Huang and Pan-Chi Liou···37

Development of Leaf-Disk Method for Screening Melon Varieties Resistant to Sphaerotheca fuliginea Race ....Jin-Hsing Huang, Yu-Hwa Wang and Chaur-Tsuen Lo···49

Effects of Winter Green Manures on the Survival of Plant-Parasitic Nematodes in Rice Fields in Taiwan ....Diann-Yih Chen, Jyh-Herng Yen and Tung-Tsuan Tsay···57

Laboratory Bioassay of 10 Insecticides against the Melon Fly (*Bactrocera cucurbitae*) ....Yaw-Jen Dong, Ling-Lan Cheng and Chien-Chung Chen···66

Estimating Solar Radiation from Daily Temperature Data ....Ming-Hwi Yao, Shun Chen, Kuang-Shih Chi and Jin-Chuan Tsai···73

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號
中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

ISSN 0376-477
9 770376 477001
GPN0252638900
定價：新臺幣一七五